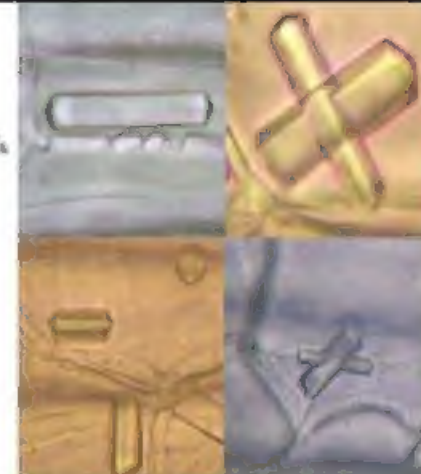
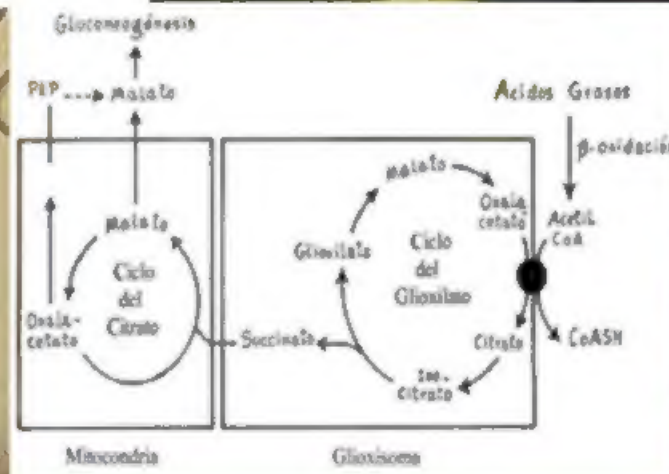
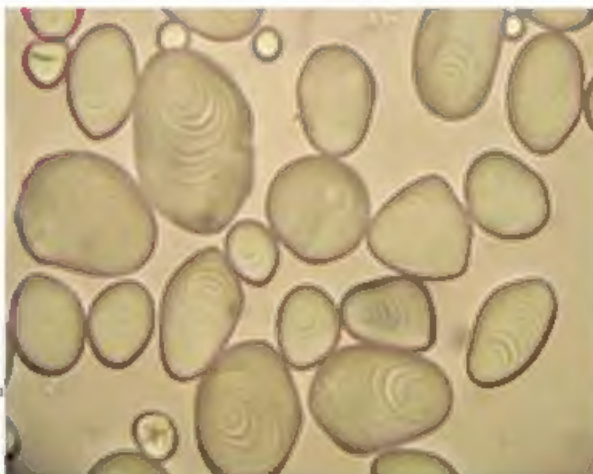
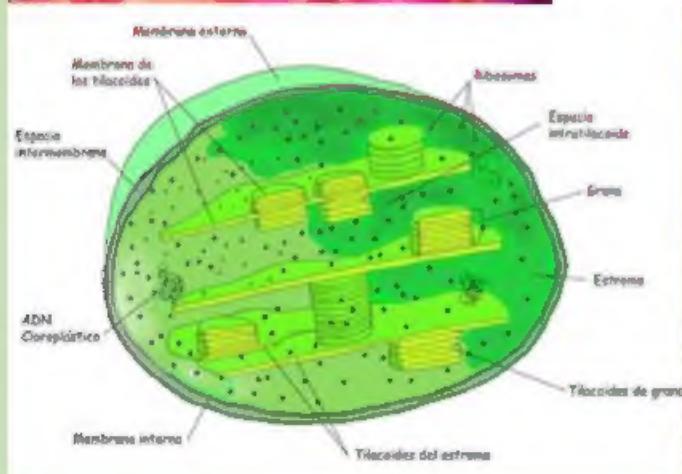
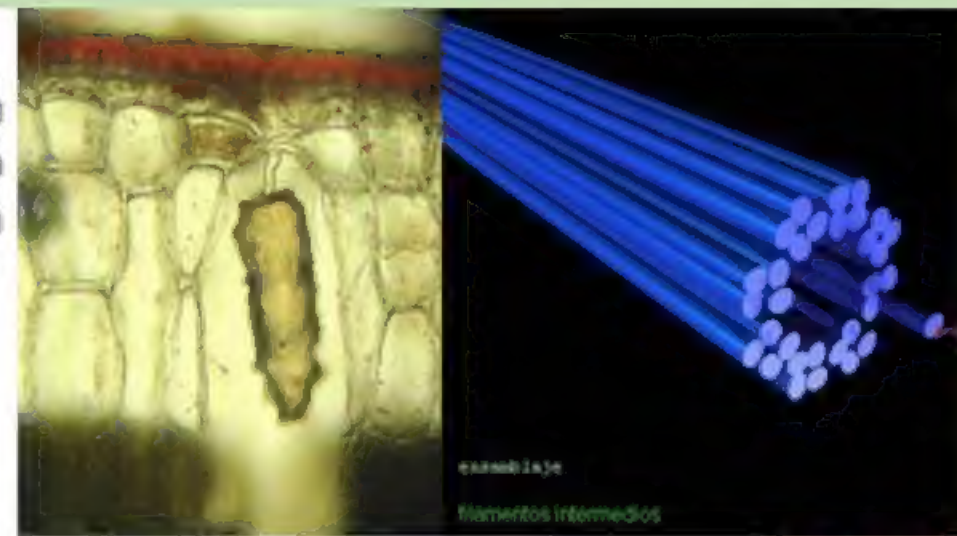
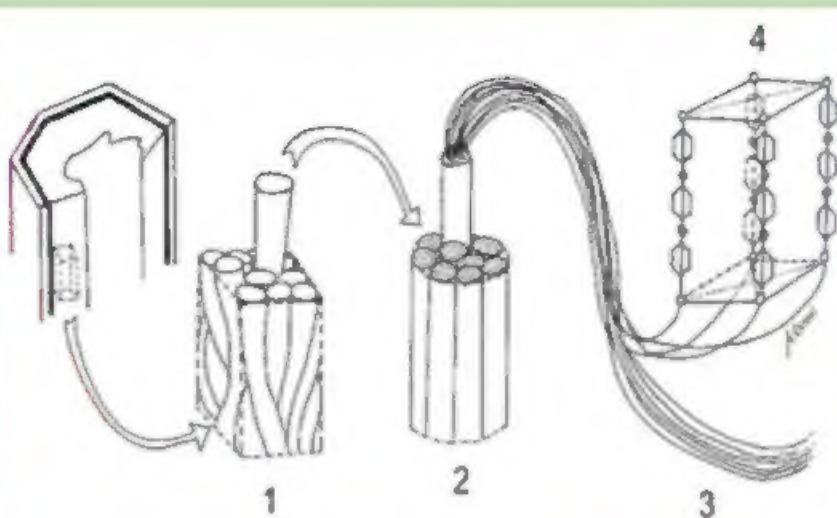


# CITOLOGÍA





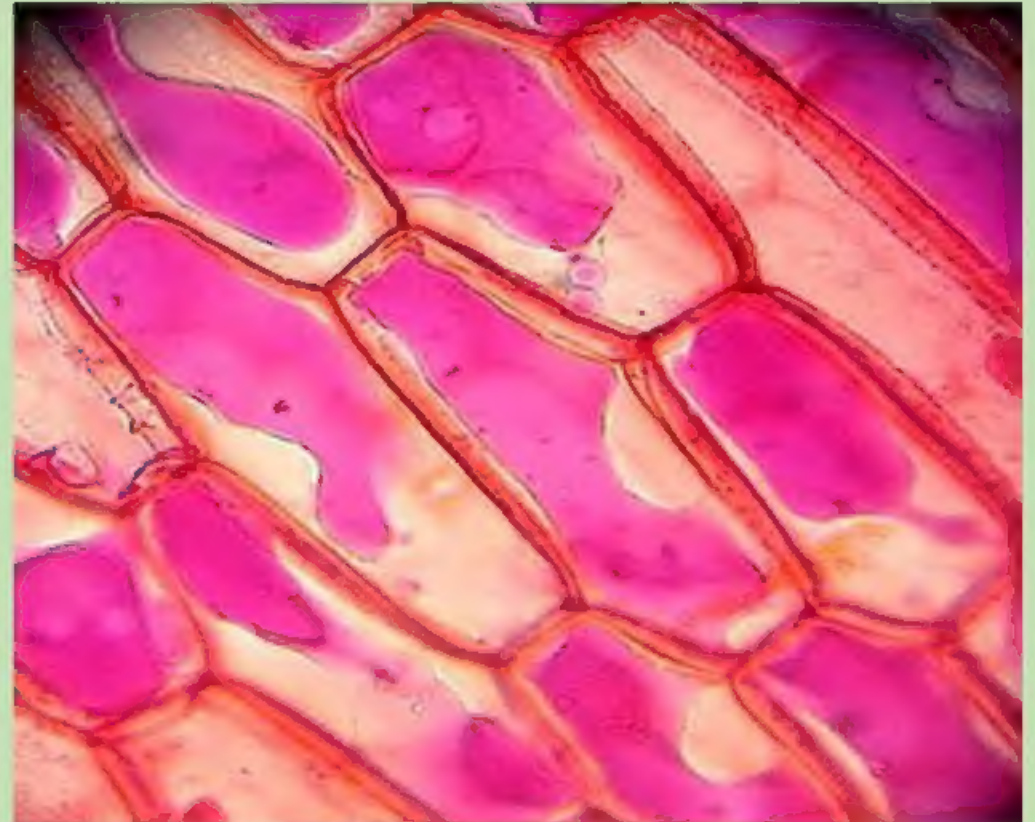
# CELULA VEGETAL

Las células son consideradas como las unidades fundamentales de vida.

Son capaces de reproducirse a sí mismas y desarrollarse de un modo ordenado desde un principio simple hasta un final muy especializado.

La célula vegetal varía en cuanto al **tamaño** entre **10** y **100 micras**.

Aunque la **forma** de una célula vegetal típica es **poliédrica**, esta puede variar con la **función**.

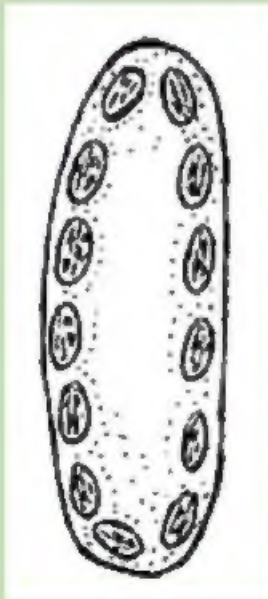
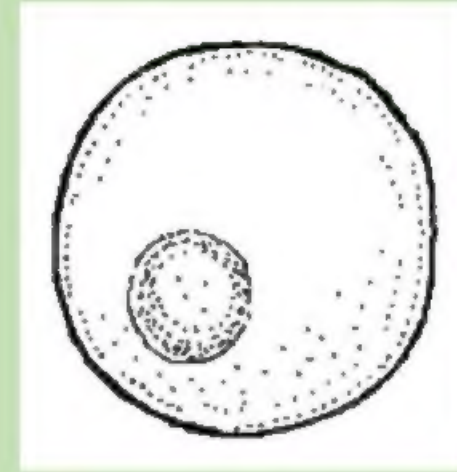






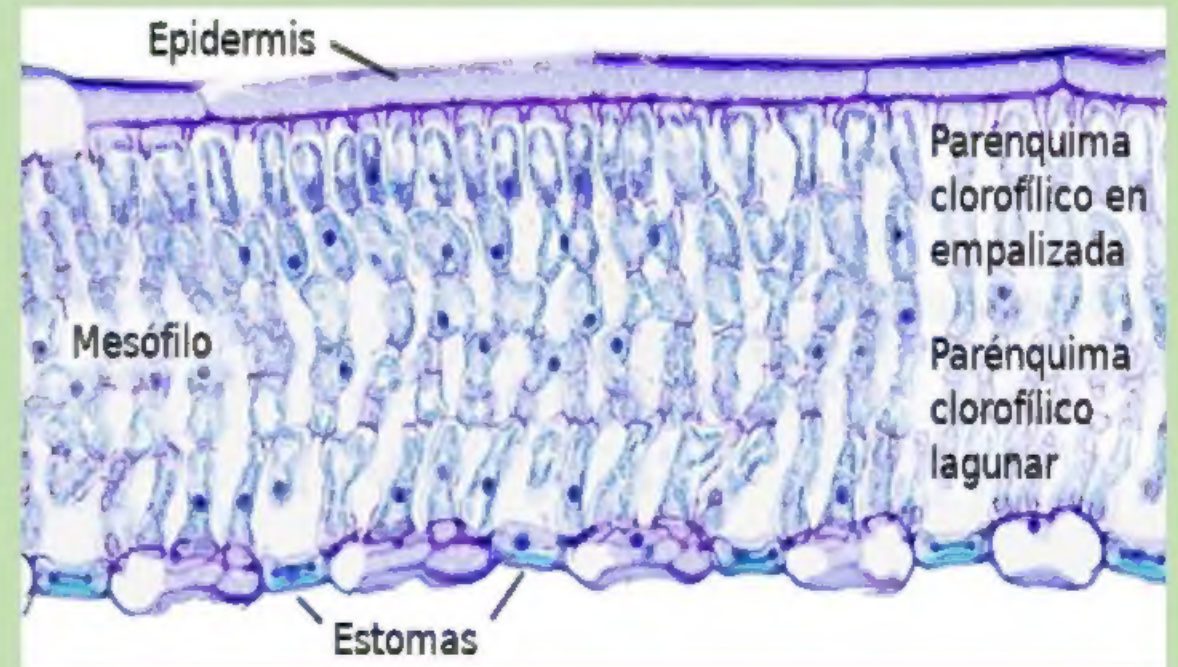
Meristemáticas

Isodiamétrica

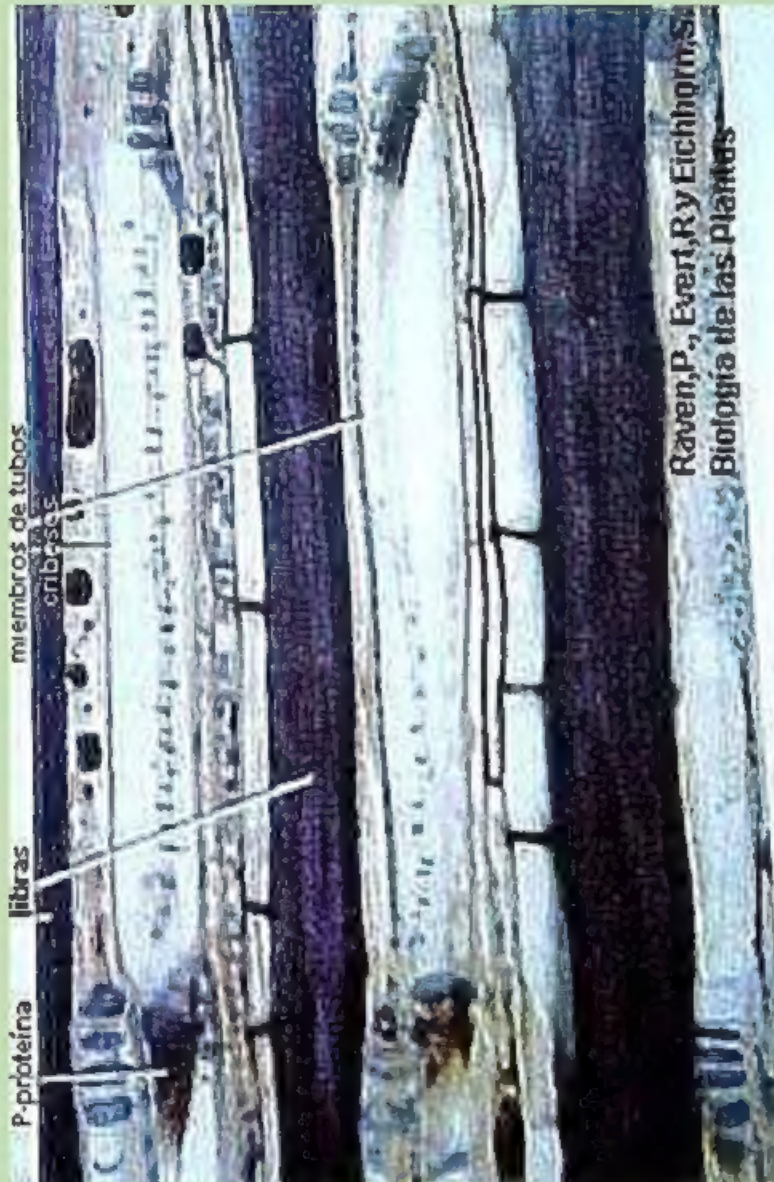


Alargada

Parenquimáticas



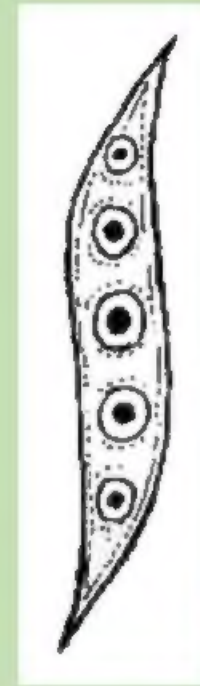




Raven, P., Evert, R. y Eichhorn, S.  
Biología de las plantas

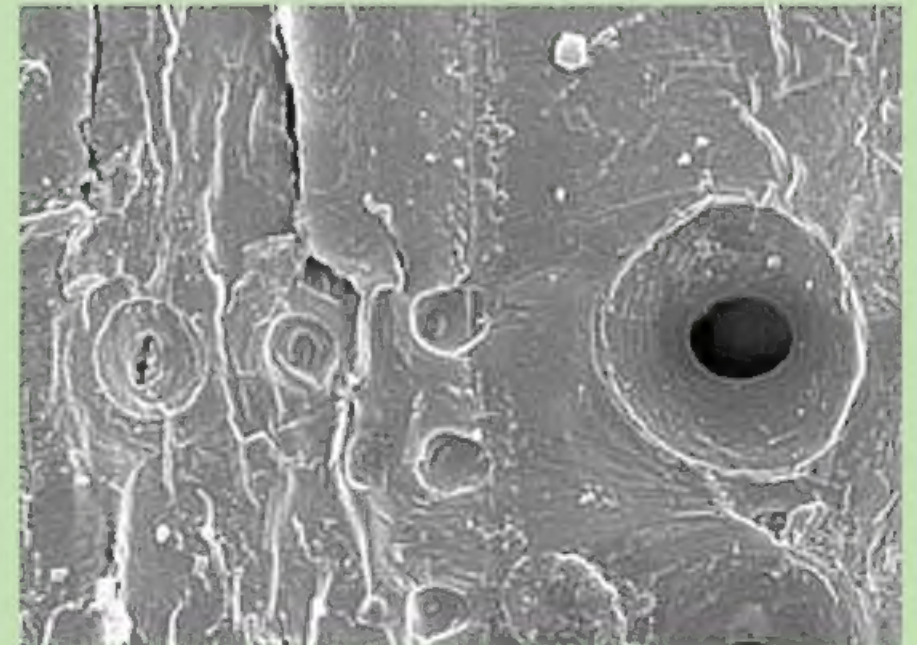
Tubos cribosos

Tubular



Fusiforme

Traqueidas

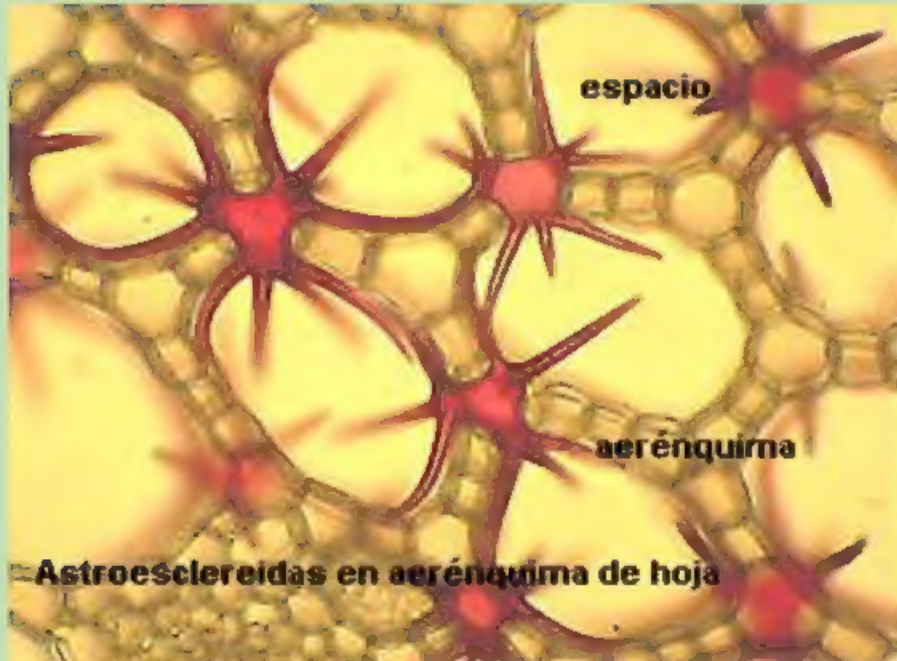
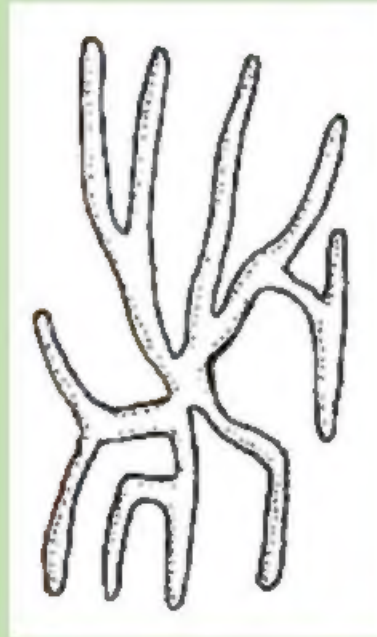




Estrellada



Ramificada

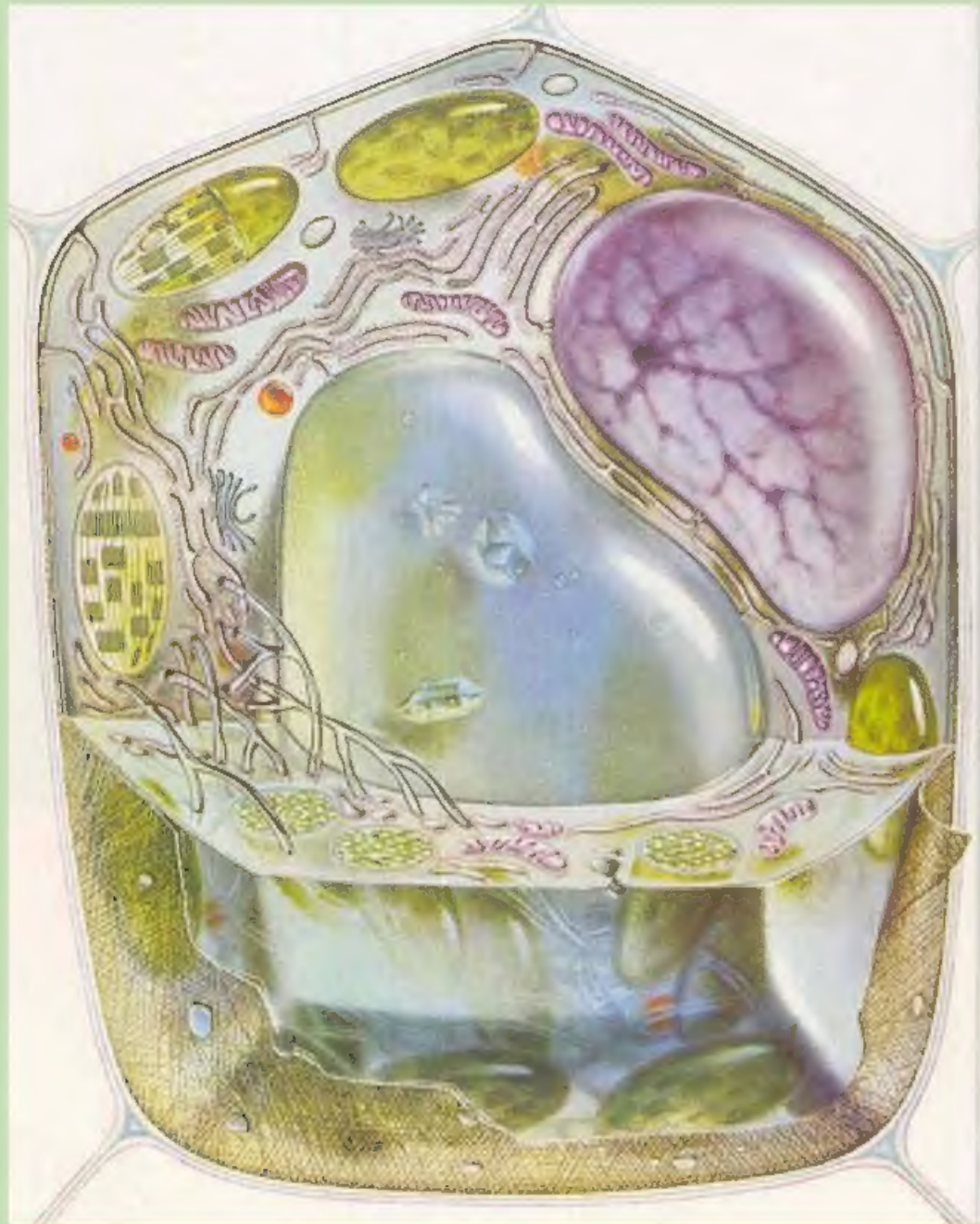


Astroesclereidas



Tubos laticíferos





La célula vegetal puede dividirse en 2 partes principales:

1. **Pared celular.**

2. **Protoplasto.**

El protoplasto se divide internamente en compartimentos e incluye:

membrana plasmática, citoesqueleto, sistema de endomembranas, núcleo, vacuola, plastidios y microcuerpos.

# PARED CELULAR

Es una **matriz extracelular** que encierra a cada una de las células.

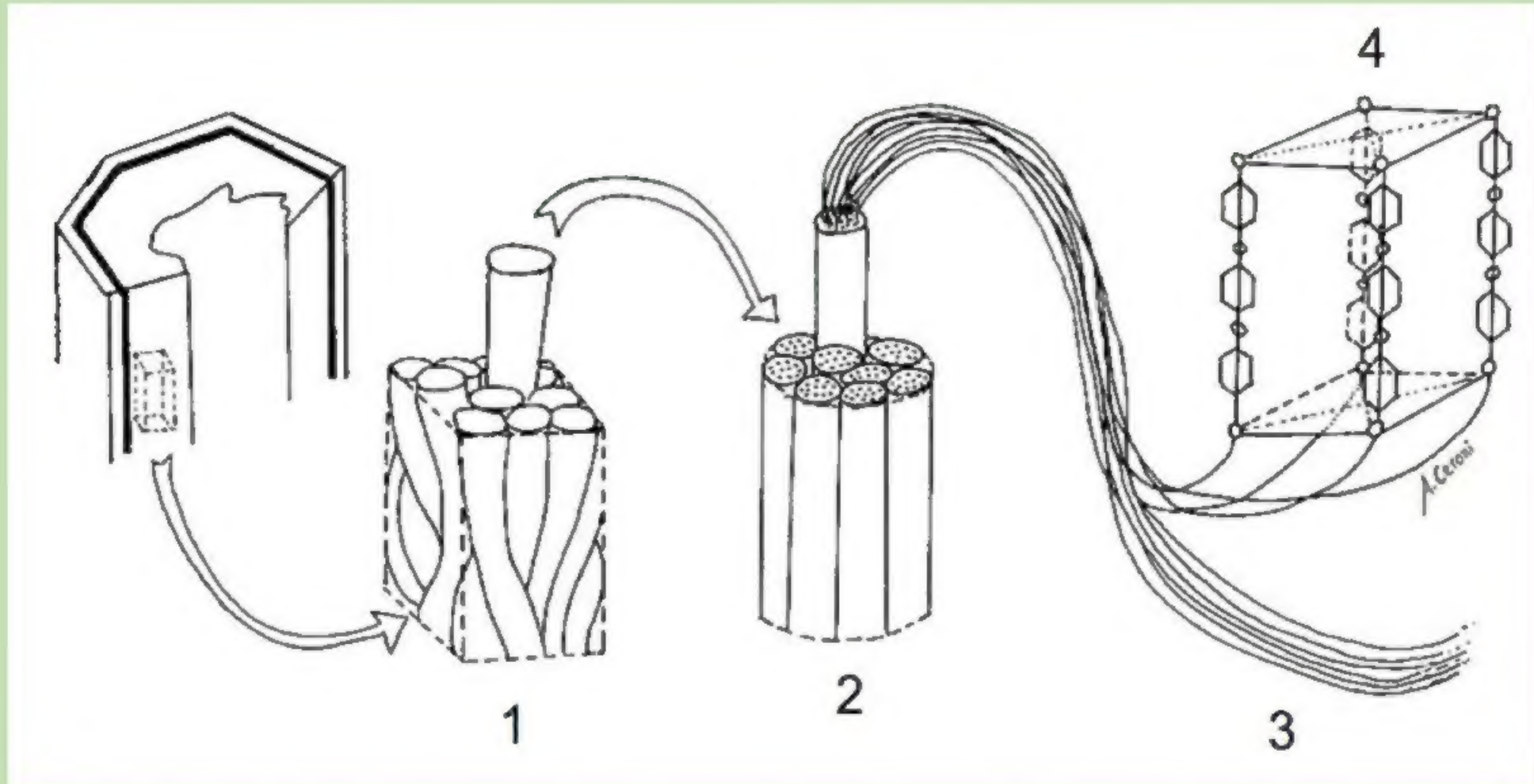
Es rígida, fuerte y de grosor variable, de 0.1 a muchas micras, lo cual dependerá del **rol** que juega la célula dentro de la estructura de la planta y en parte de la **edad** de la célula.

Aunque cada célula está encerrada en su propia "caja de madera", la comunicación entre ellas es posible gracias a los **plasmodesmos**.

Así pues, la pared celular tiene funciones importantes como **protección**, **transporte** y **esqueleto** de la célula.

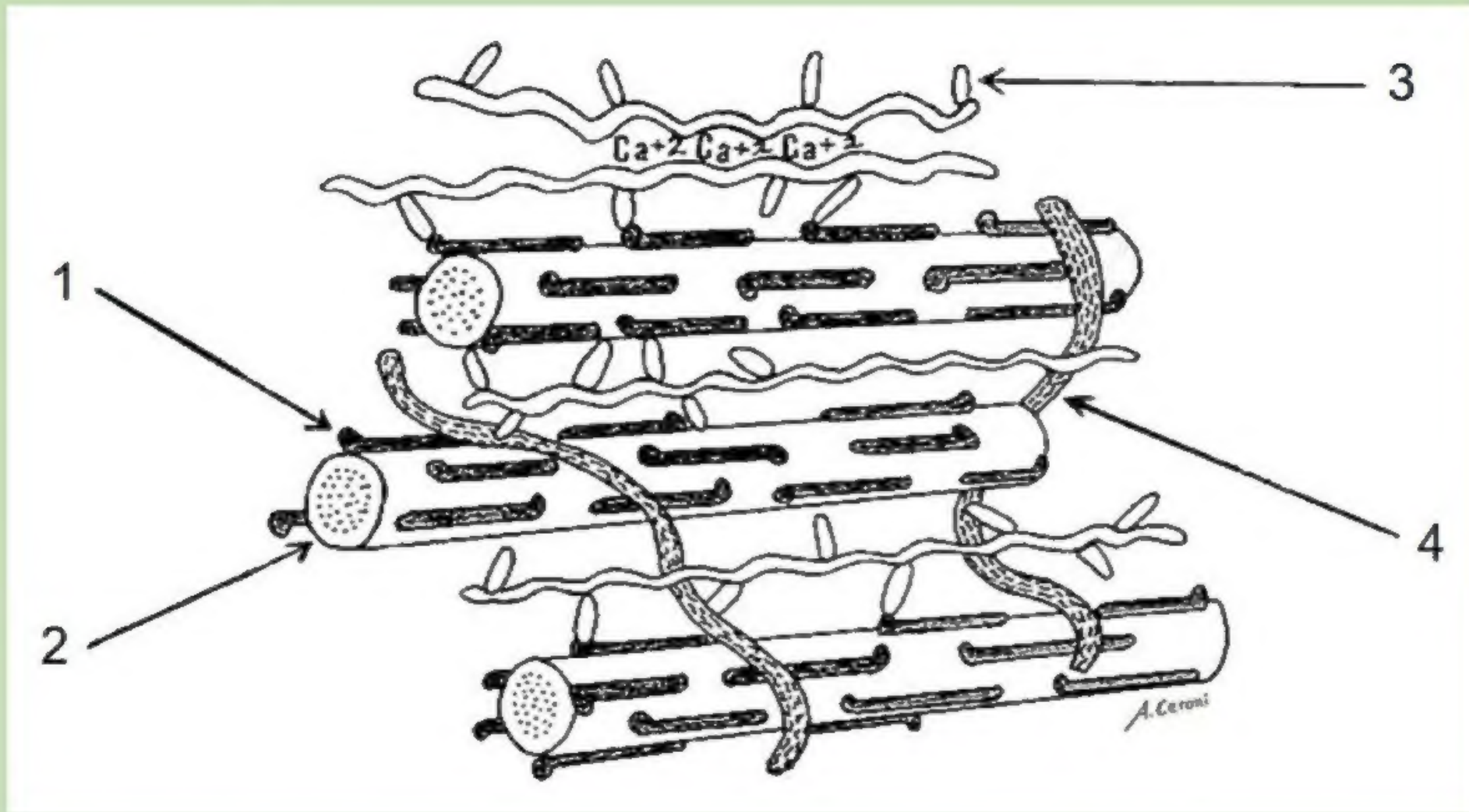


# ESTRUCTURA DE LA PARED CELULAR



Estructura fibrilar de la pared y organización de las fibrillas de celulosa: 1. Macrofibrillas; 2. Microfibrillas; 3. Moléculas de celulosa y 4. Micela.

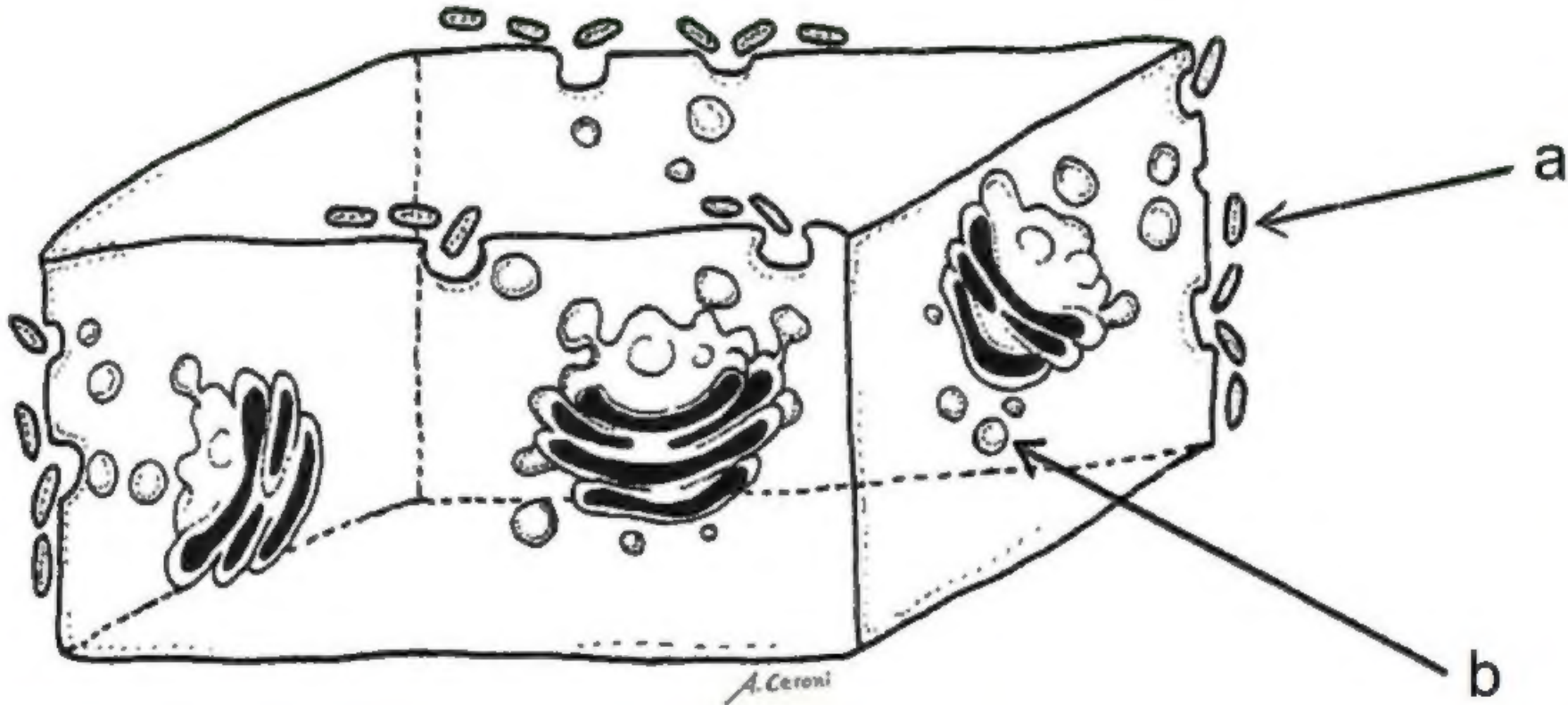




Interconexión entre los componentes de la pared celular: 1. Hemicelulosas unidas por puentes  $H_2$  a las; 2. Microfibrillas de celulosa; 3. Pectinas como puentes transversales y 4. Glicoproteínas entretejidas.

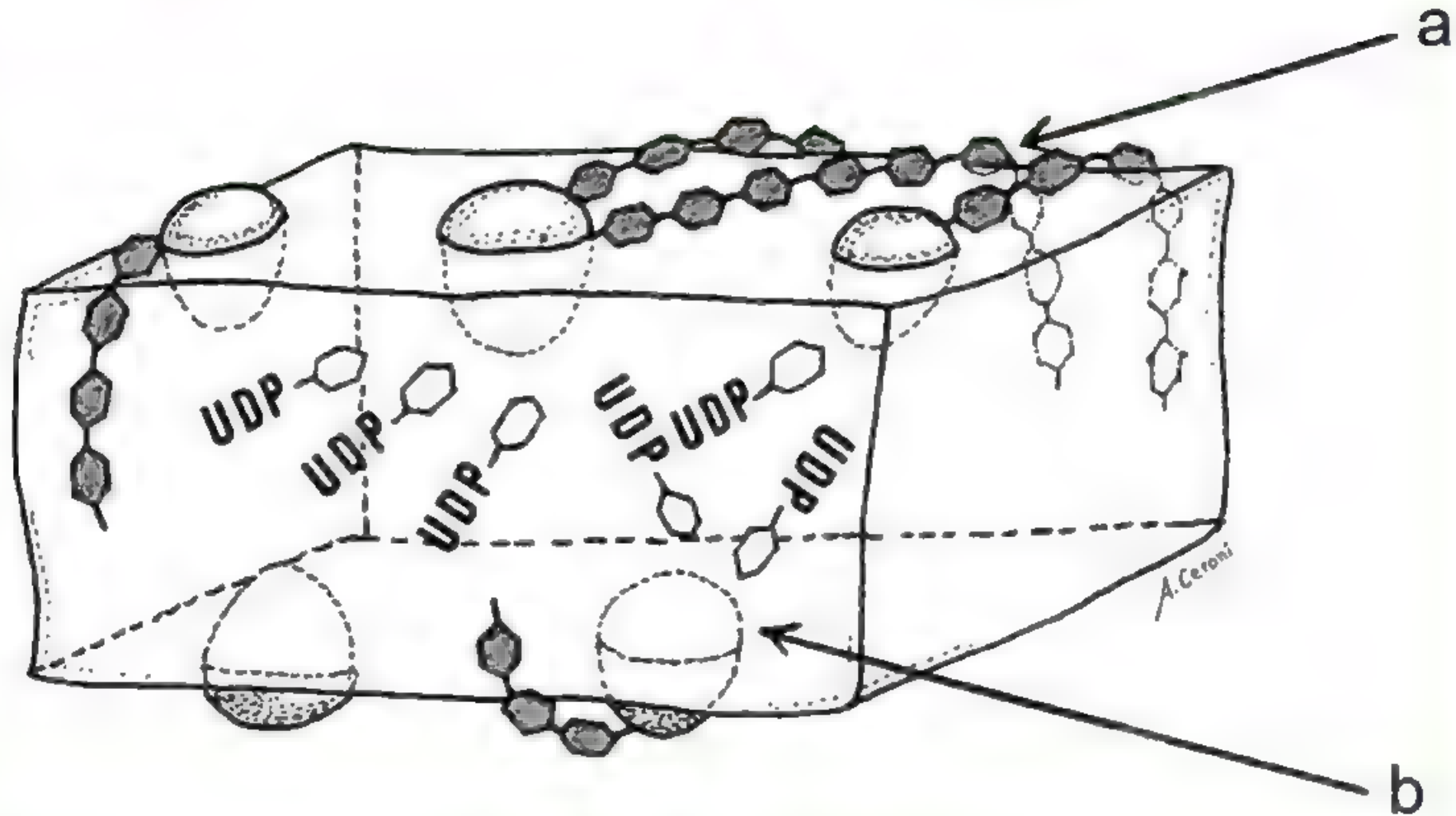
# FORMACIÓN DE LA PARED CELULAR

1. Liberación de materiales como pectina (a) por las vesículas de Golgi (b).

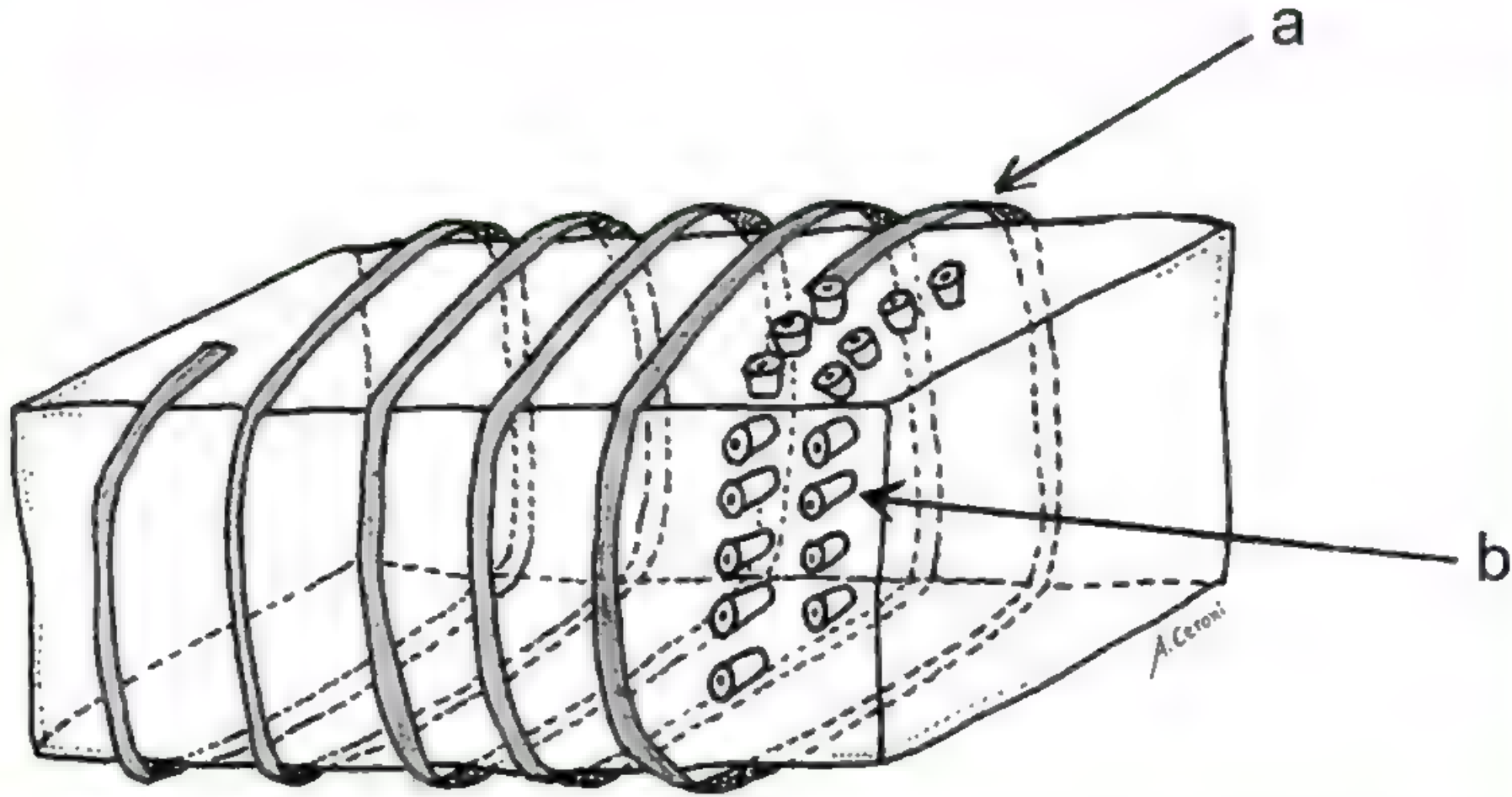




## 2. Síntesis de celulosa (a) por la celulosa sintasa (b).



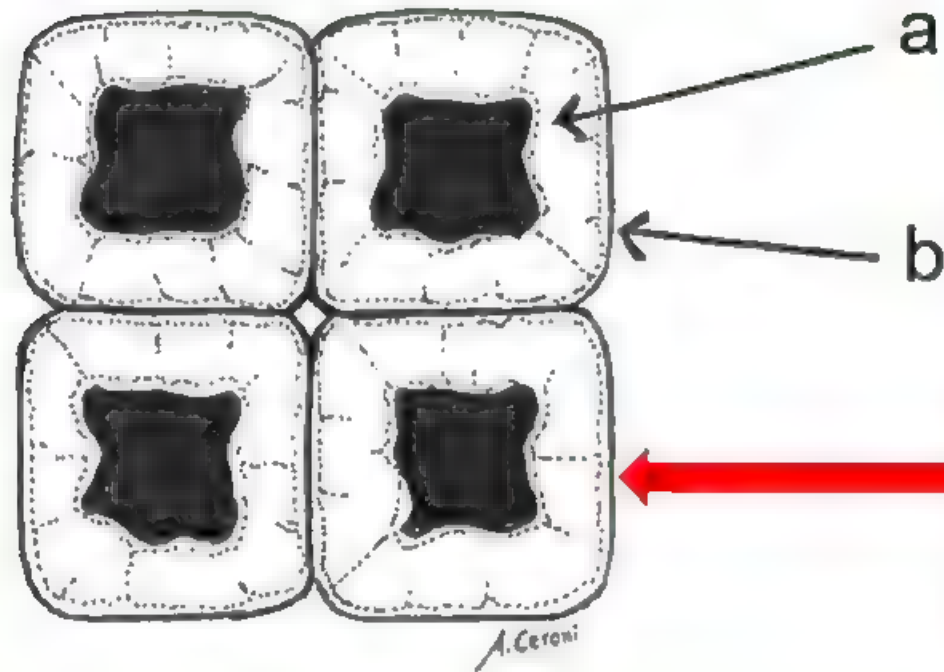
3. Orientación de las microfibrillas de celulosa (a) por los microtúbulos (b).





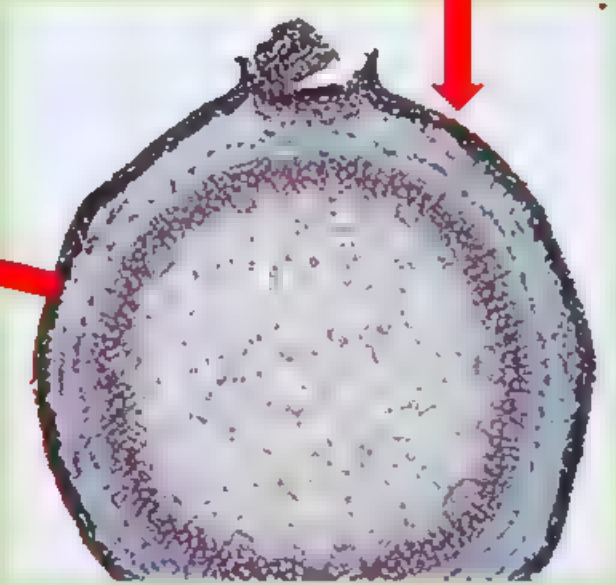
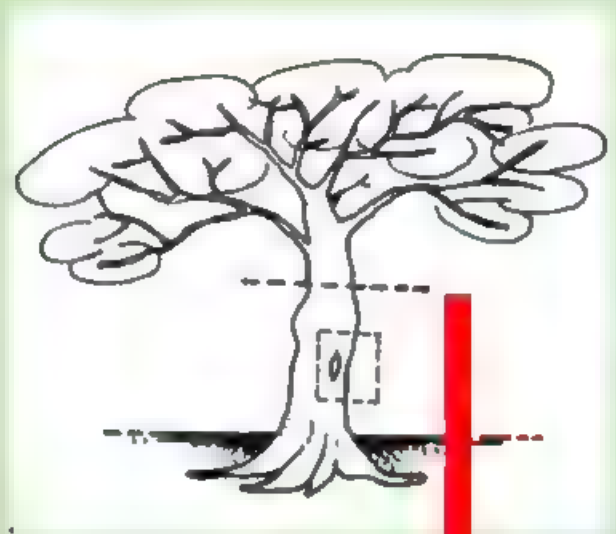
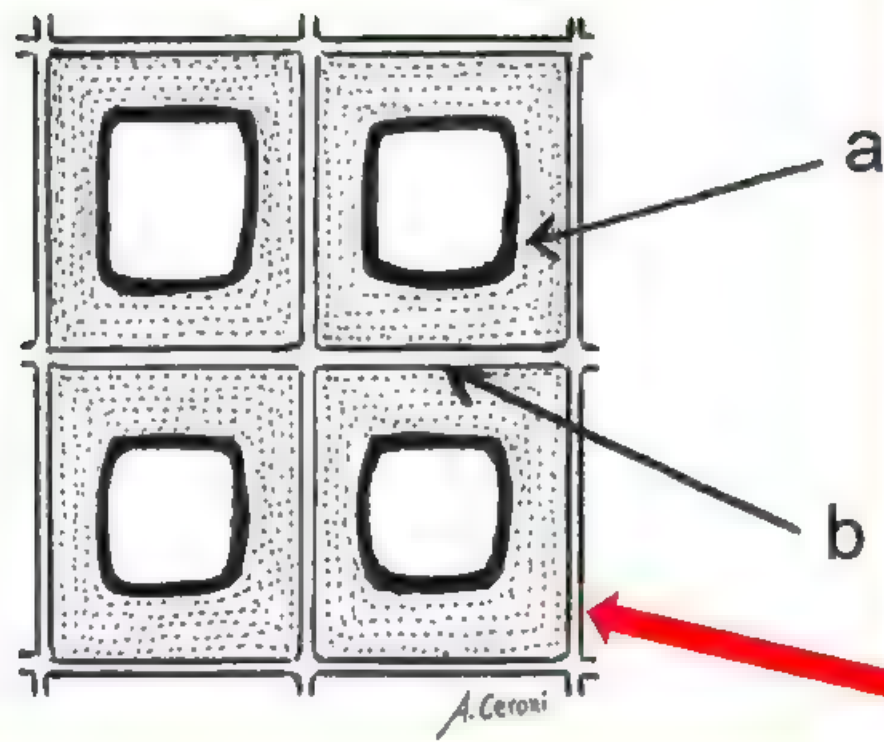
# LIGNIFICACIÓN, SUBERIFICACIÓN Y CUTINIZACIÓN

1. Lignificación: Acumulación de lignina (a) debajo de la pared celular primaria (b). Da dureza y resistencia a la célula.



Esclerenquima en raquis de helechos

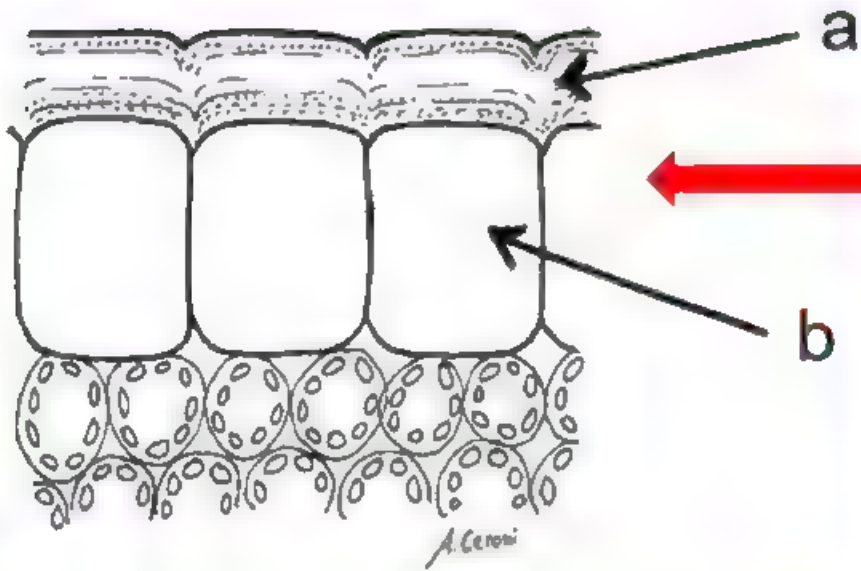
2. Suberificación: Acumulación de suberina (a) en la lámina media (b). Hace a la célula impermeable a los gases y el agua.



Súber en tallos y ramas de árboles



3. Cutinización: Acumulación de cutina (a) en la cara exterior de células epidérmicas (b). Evita la pérdida de agua y excesiva transpiración.



Epidermis en hojas



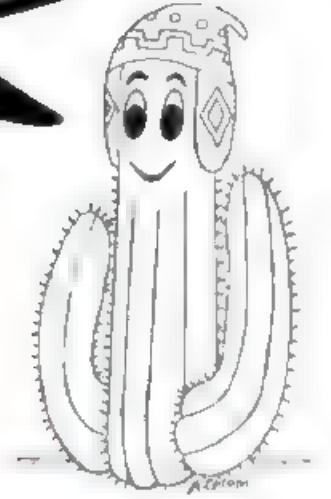
# PARED CELULAR PRIMARIA Y SECUNDARIA

Pared celular primaria	Pared celular secundaria
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Una capa de fibras de celulosa.</li><li>2. Celulosa, hemicelulosas, pectinas y glicoproteínas.</li><li>3. En células jóvenes.</li><li>4. En tejidos meristemáticos, de protección, de regeneración, secretores y parenquimáticos.</li><li>5. En partes jóvenes.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Varias capas de fibras de celulosa.</li><li>2. Celulosa, hemicelulosas, pectinas, glicoproteínas, lignina y suberina.</li><li>3. En células adultas.</li><li>4. En tejidos de protección, mecánicos y conductores.</li><li>5. En partes adultas.</li></ol>



# CURIOSIDADES BOTÁNICAS

¿Por qué las hojas de los libros y de los periódicos se vuelven amarillas con el tiempo?



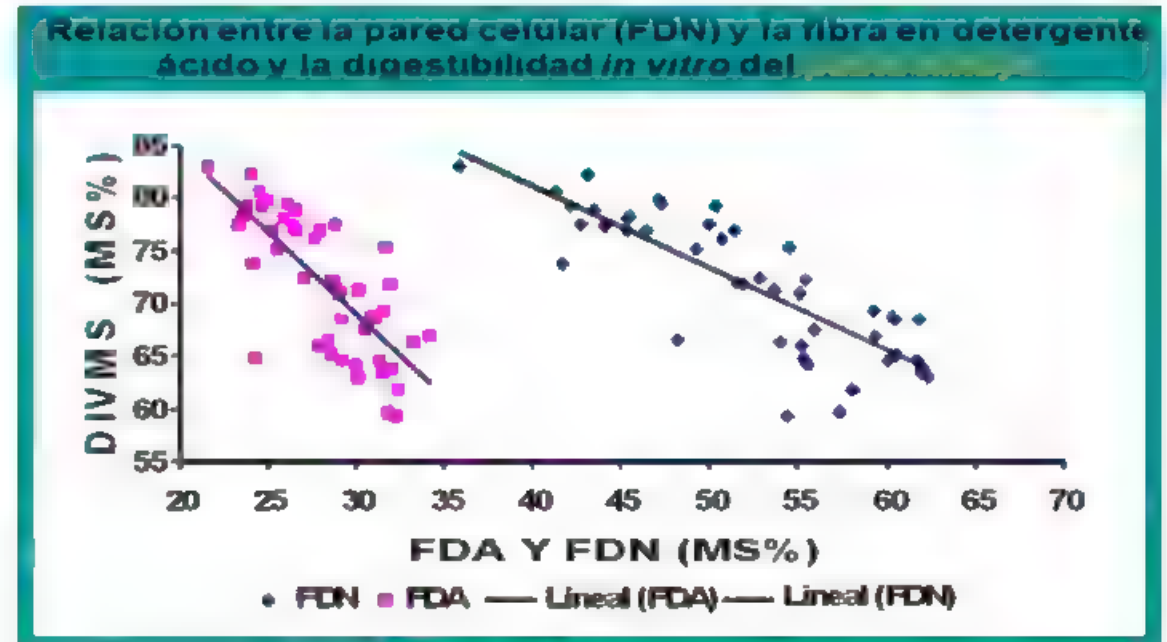
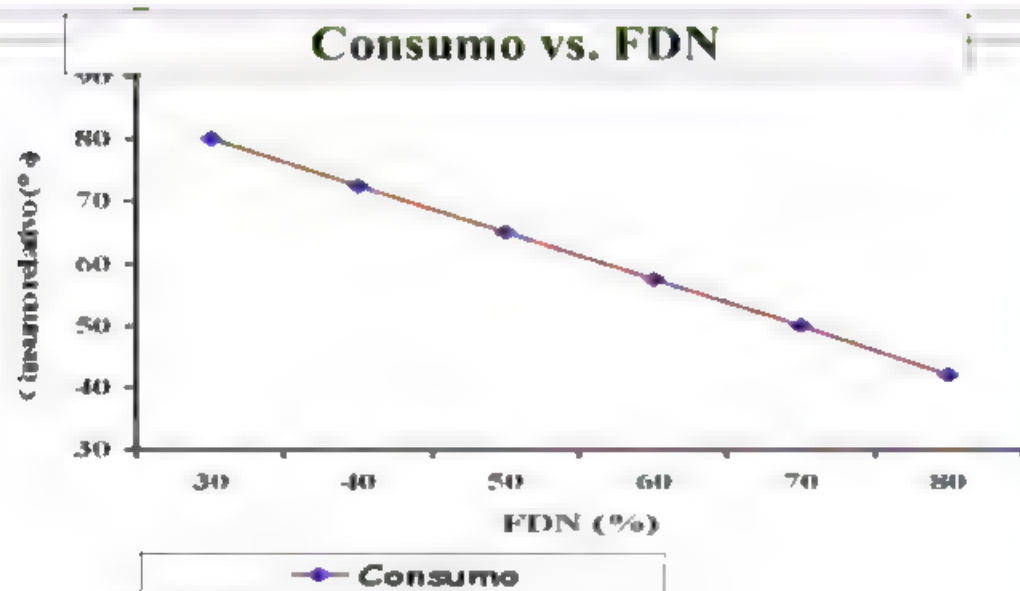
El papel proviene de la madera y esta tiene **celulosa** y **lignina**. Las imprentas suelen usar materiales baratos y por tanto sus papeles **tienen una mayor cantidad de lignina**. Cuando la **lignina** está **en contacto con el sol y el aire se oxida**, las moléculas pierden estabilidad, absorben más luz y se vuelven oscuras. Por eso también las hojas empiezan a oscurecerse por los bordes que están más expuestos a la luz y el aire.

# COMPOSICIÓN DE LA PARED CELULAR EN LA CALIDAD DEL FORRAJE



**Fibra Detergente Neutro (FDN):** medición de la **hemicelulosa**, **celulosa** y **lignina** (parte fibrosa del forraje).

**Fibra Detergente Ácido (FDA):** cuantificación de la **celulosa** y la **lignina**.





# COMPOSICIÓN DE LA PARED CELULAR EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS



- ↓ Tasas de descomposición
- ↓ Fertilidad del suelo
- ↓ Circulación de nutrientes

Substitución de comunidades leñosas por comunidades dominadas por gramíneas

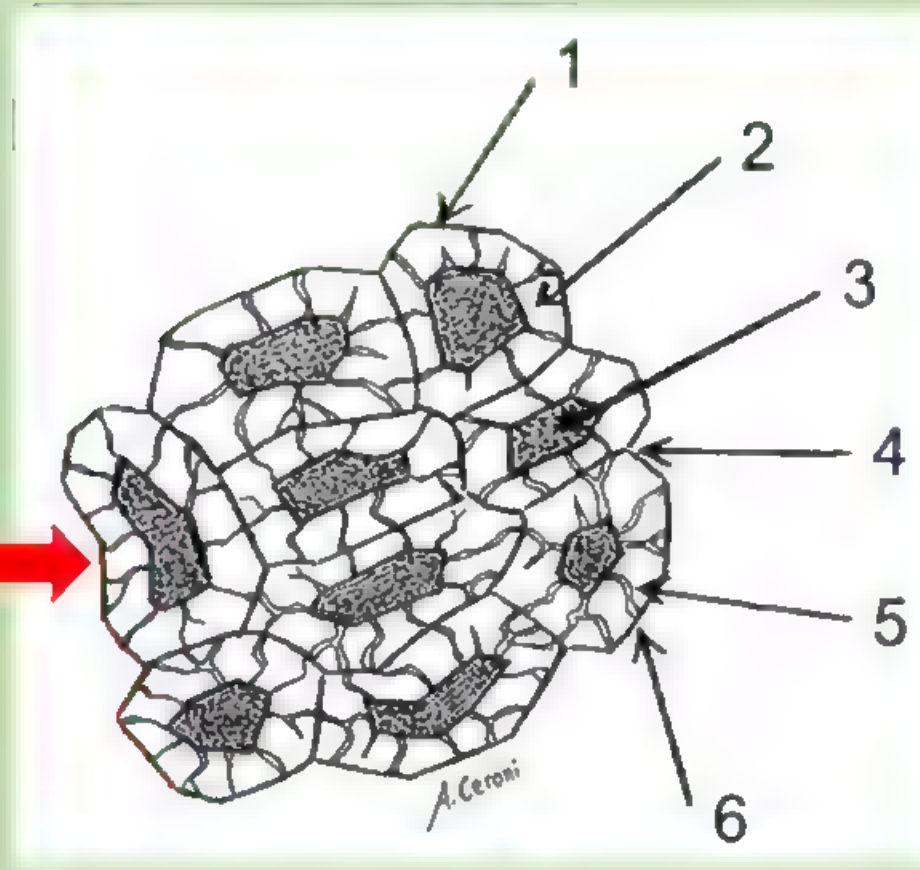
Relación  
 $C / N$   
Lignina / N



↑  $C / N$   
↑ Lignina / N

- ↓ Tejidos vegetales menos palatables a los herbívoros
- ↓ Tasas de mineralización

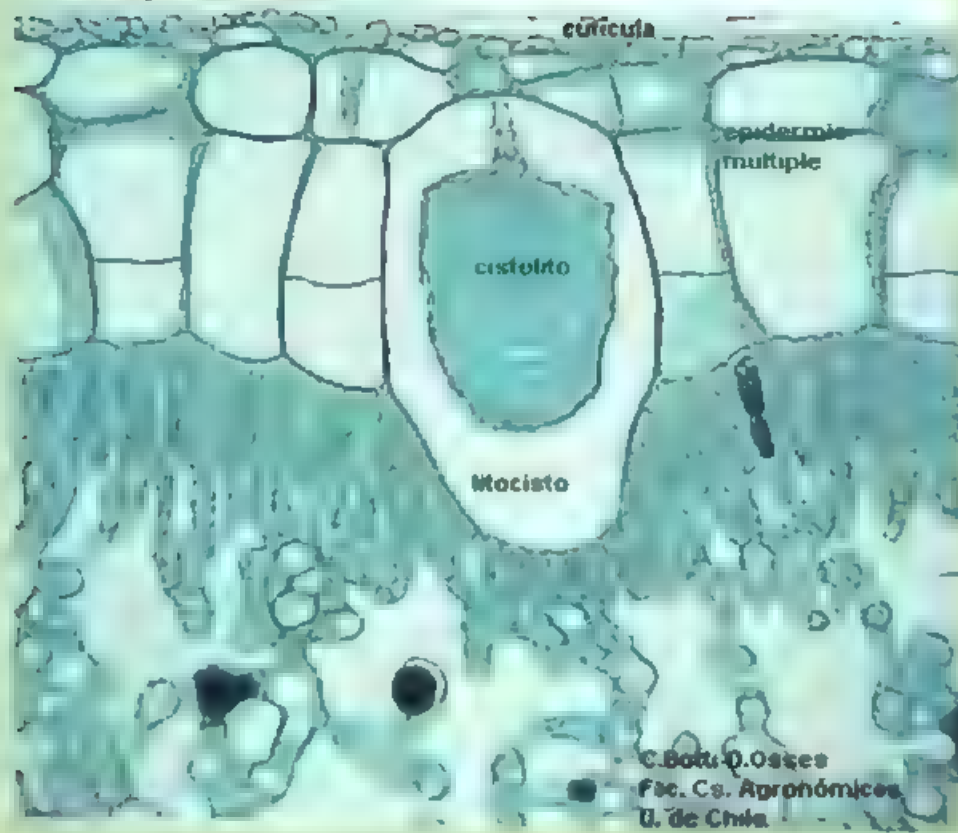
# PARTES ASOCIADAS A LAS PAREDES CELULARES Y CÉLULAS DE UN TEJIDO VEGETAL ADULTO



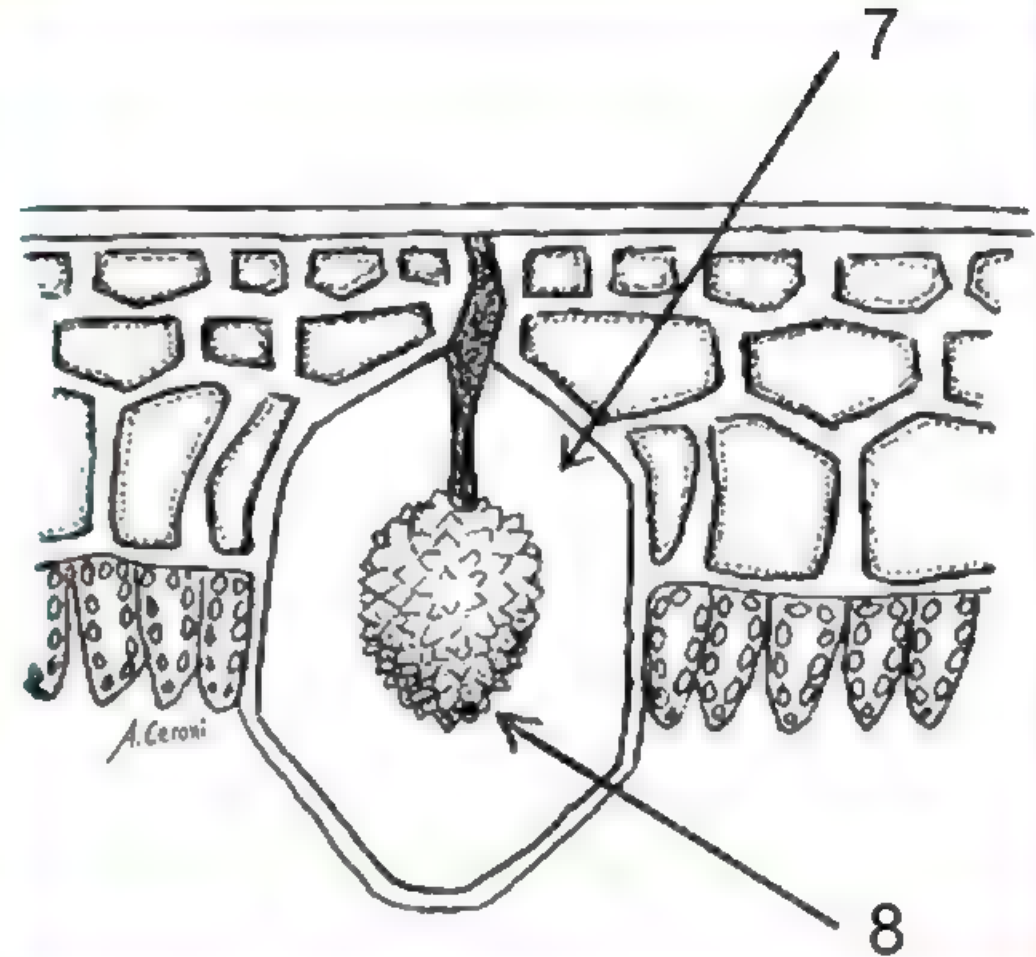
1. Pared celular primaria;
2. Pared celular secundaria;
3. Lúmen;
4. Lámina media;
5. Canalículo;
6. Plasmodesmo.

Endocarpo seco de *Capsicum  
pendulum* "ají"

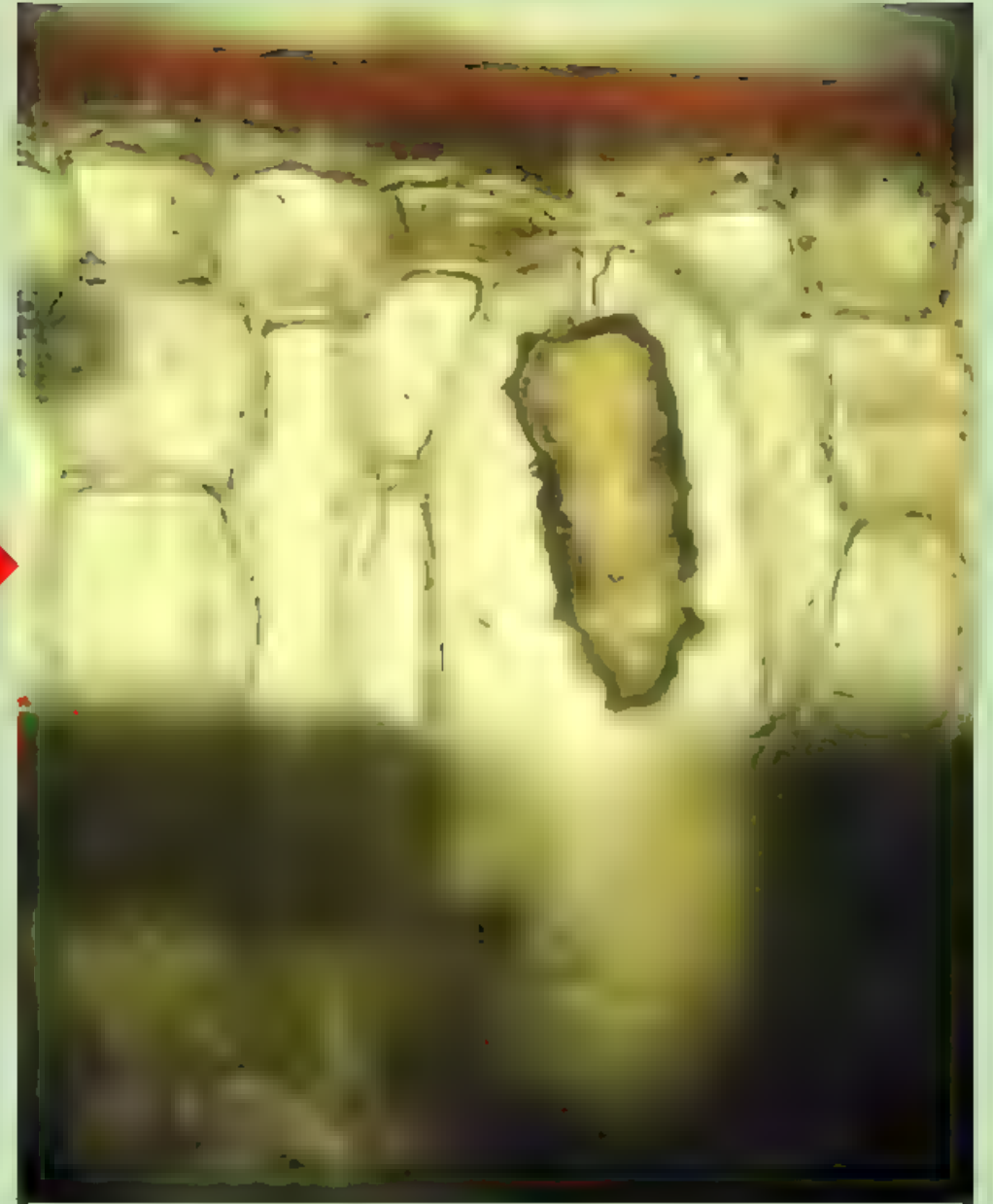




**Cistolito:** Acumulación de **celulosa** y **carbonato de calcio** en las células epidérmicas de hojas viejas en Moráceas y Urticáceas



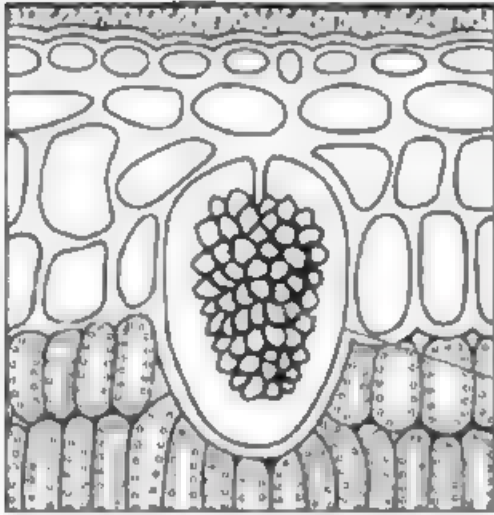
7. Célula epidérmica y 8. Cistolito.



Cistolito en la epidermis de una hoja vieja de *Ficus elastica* "caucho"



# PARTES ASOCIADAS A LA PARED CELULAR COMO CARACTERÍSTICA DE VALOR TAXONÓMICO



Cistolito

Cannabaceae  
Moraceae  
Urticaceae

Base poligonal  
o elíptica  
Cuerpo ovoide  
o redondeado



*Morus alba*  
Moraceae

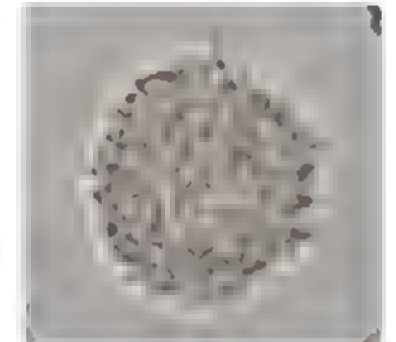


*Celtis ehrenbergiana*  
Cannabaceae

Base reducida  
o nula  
Cuerpo globoso



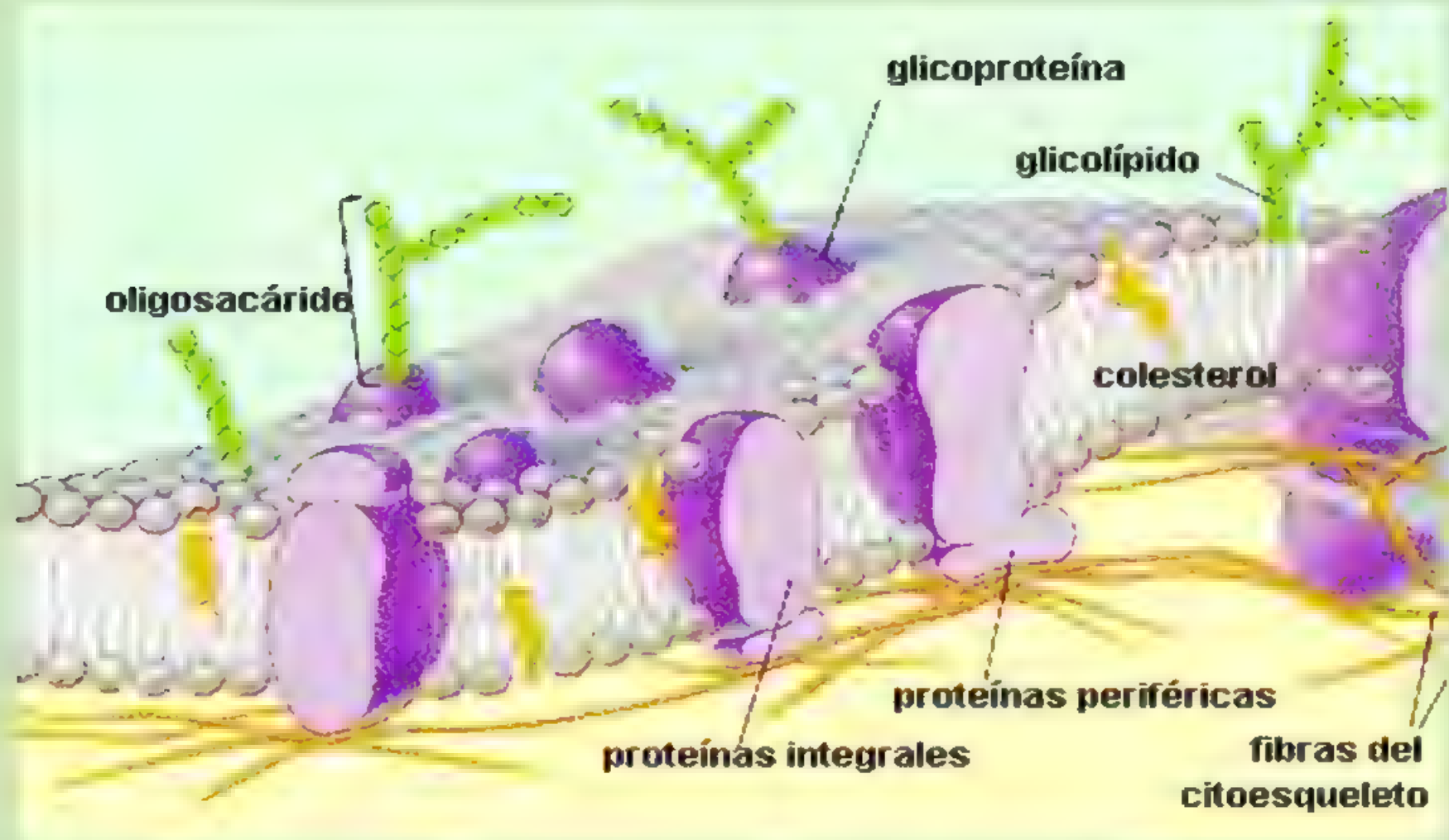
*Urtica urens*  
Urticaceae



*Parietaria debilis*  
Urticaceae

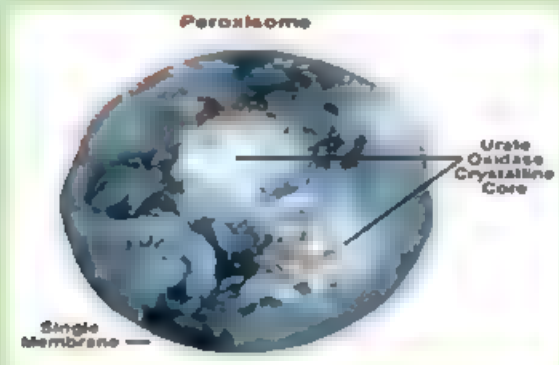
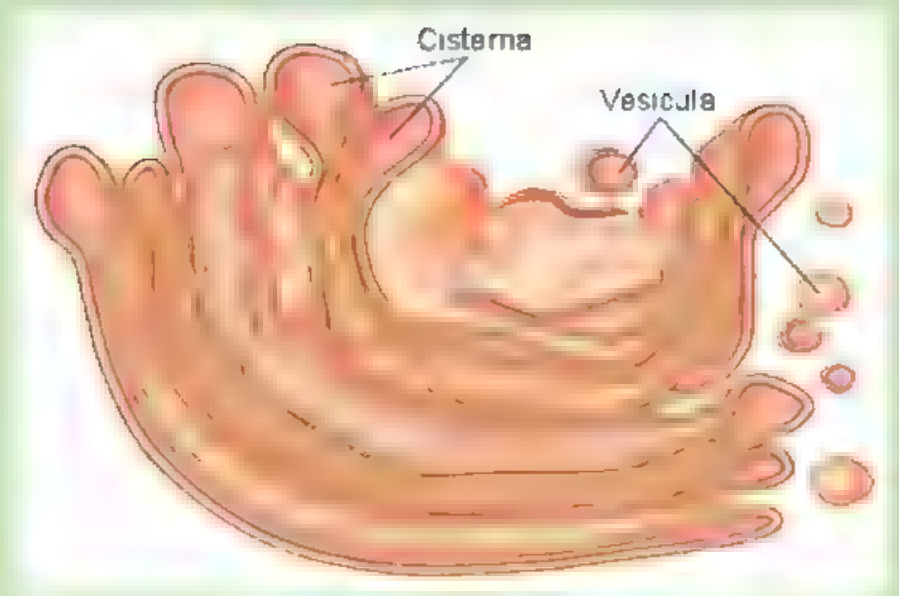
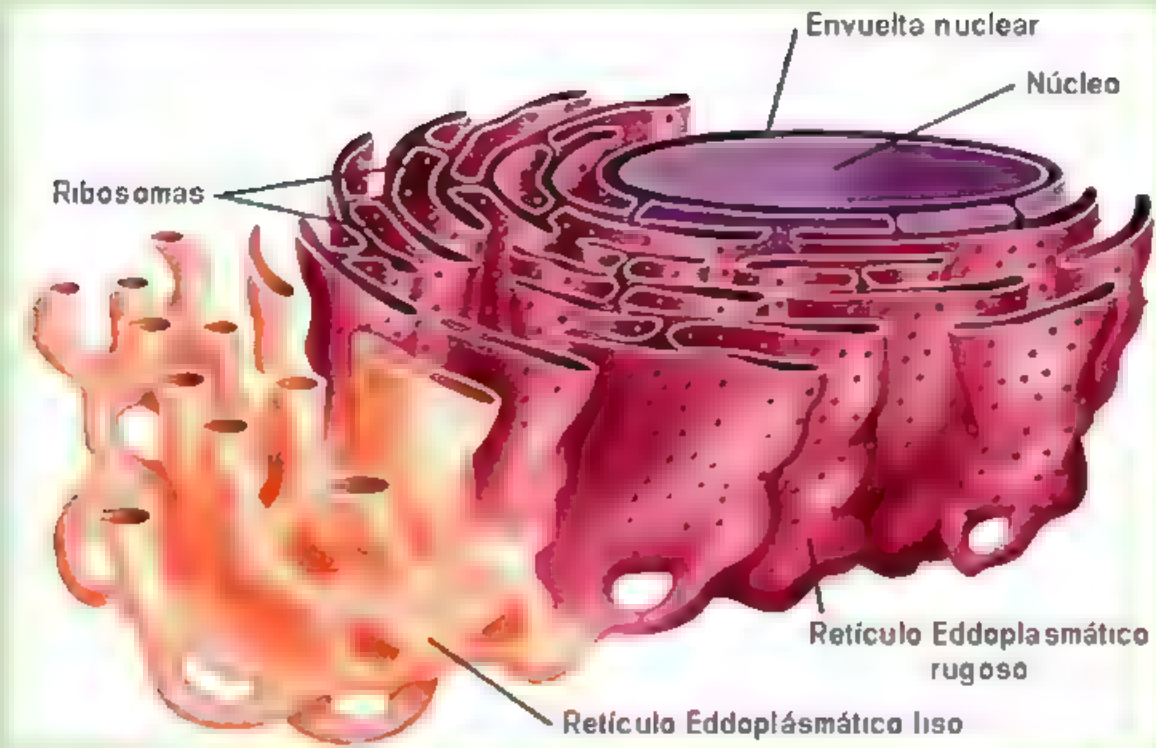
Característica de valor taxonómico en  
plantas vivas y en paleobotánica

# MEMBRANA PLASMÁTICA



Bicapa de lípidos; proteínas receptoras; catalizadoras; estructurales; canales proteicos; glicoproteínas y oligosacáridos.

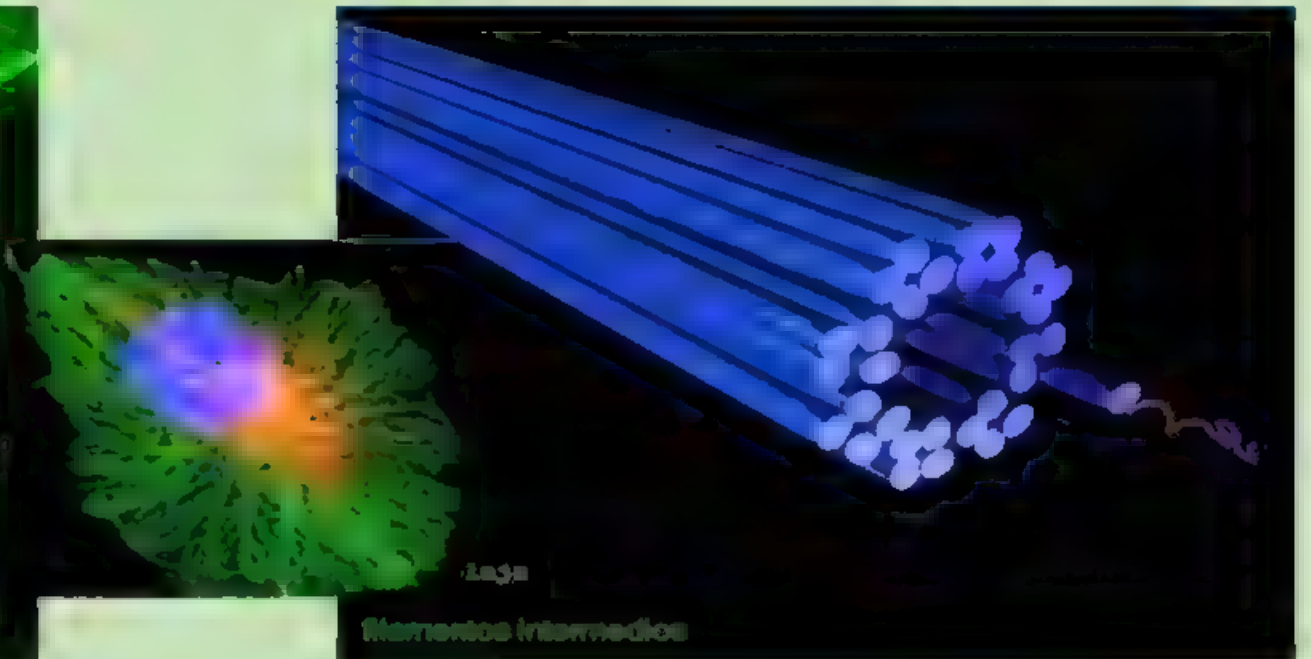
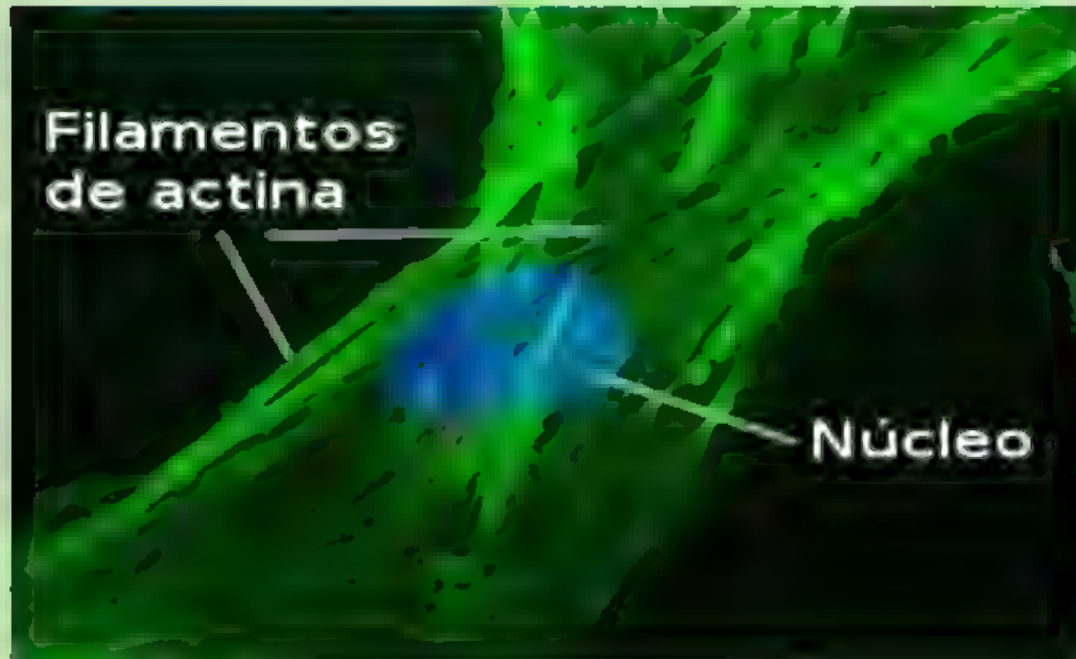




Retículo endoplasmático rugoso y liso; aparato de Golgi con vesículas y microcuerpos (peroxisomas o glioxisomas).

# CITOESQUELETO

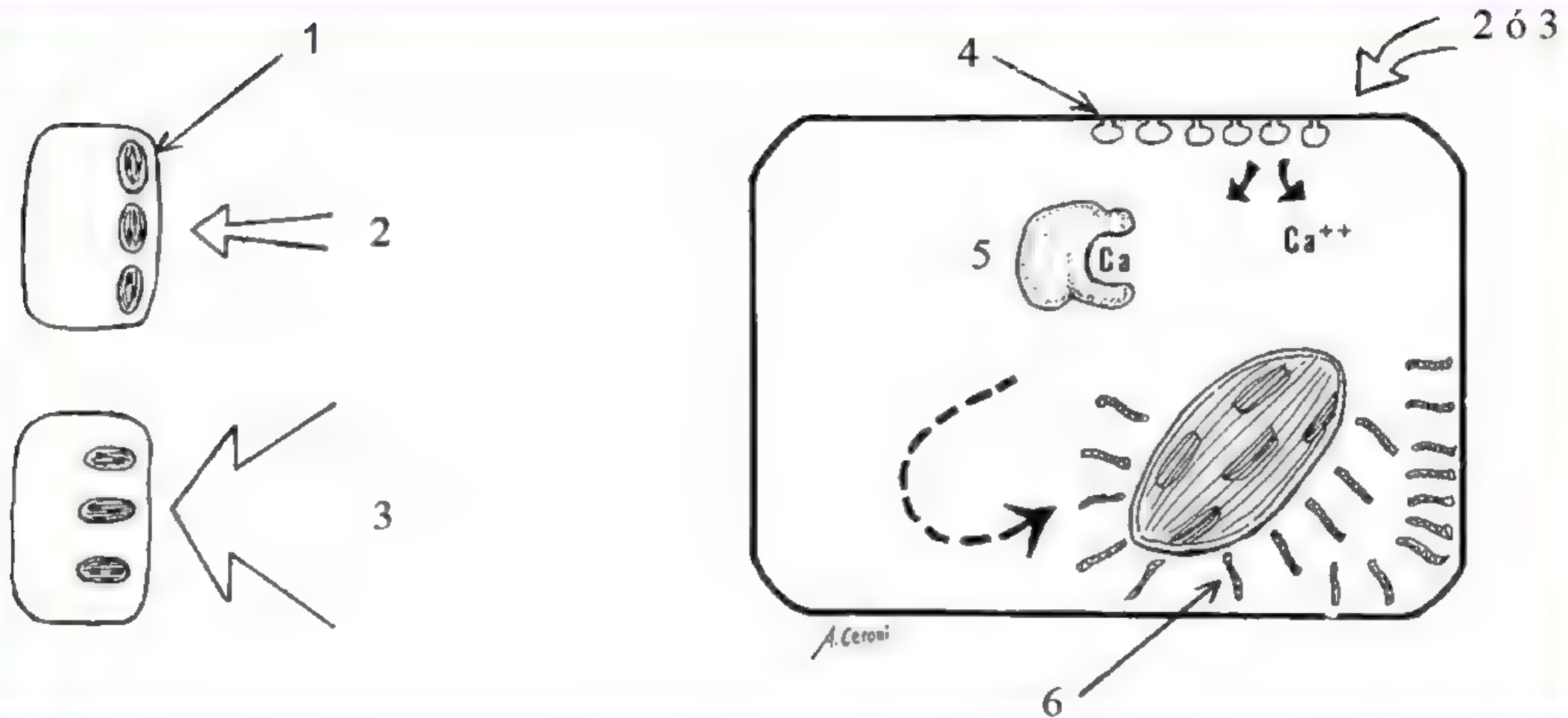
Es aquel que proporciona a la célula la maquinaria necesaria para el **movimiento de los organelos** en el citoplasma y realizar **movimientos de coordinación**.



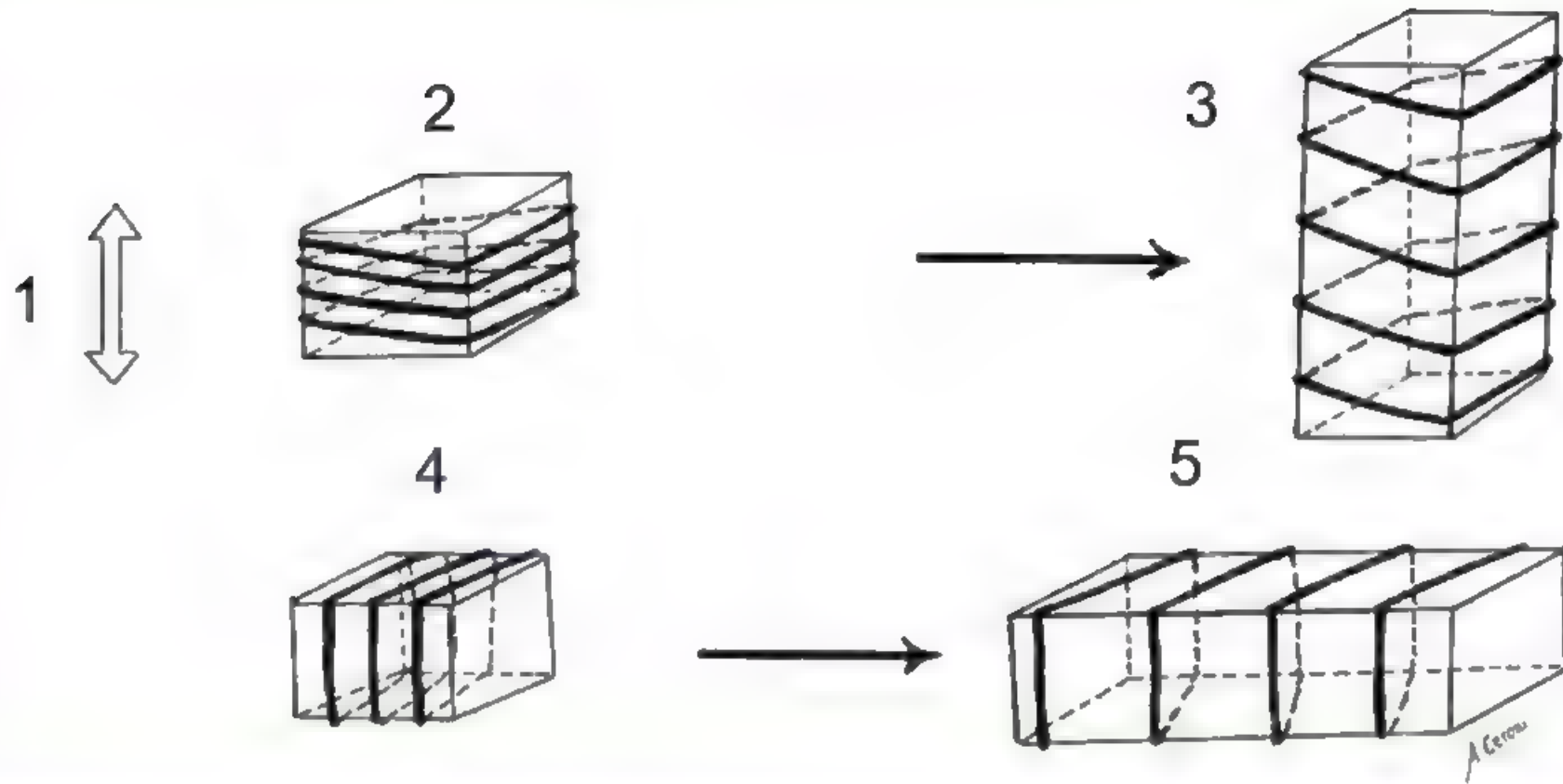
**Filamentos de actina, microtúbulos y filamentos intermedios**

Para el caso de la célula vegetal este juega un rol importante en varios casos





Respuesta de los cloroplastos a los cambios de luz: 1. Cloroplastos; 2. Luz débil; 3. Luz fuerte; 4. Fotorreceptores; 5. Proteína fijadora de calcio y 6. **Filamentos de actina.**



Orientación de las microfibrillas de celulosa en la pared celular: 1. Eje celular; 2. Con giberelina, **microtúbulos** y microfibrillas perpendiculares al eje celular; 3. Crecimiento longitudinal de la célula; 4. Con etileno, **microtúbulos** y microfibrillas paralelas al eje celular y 5. Crecimiento lateral de la célula.



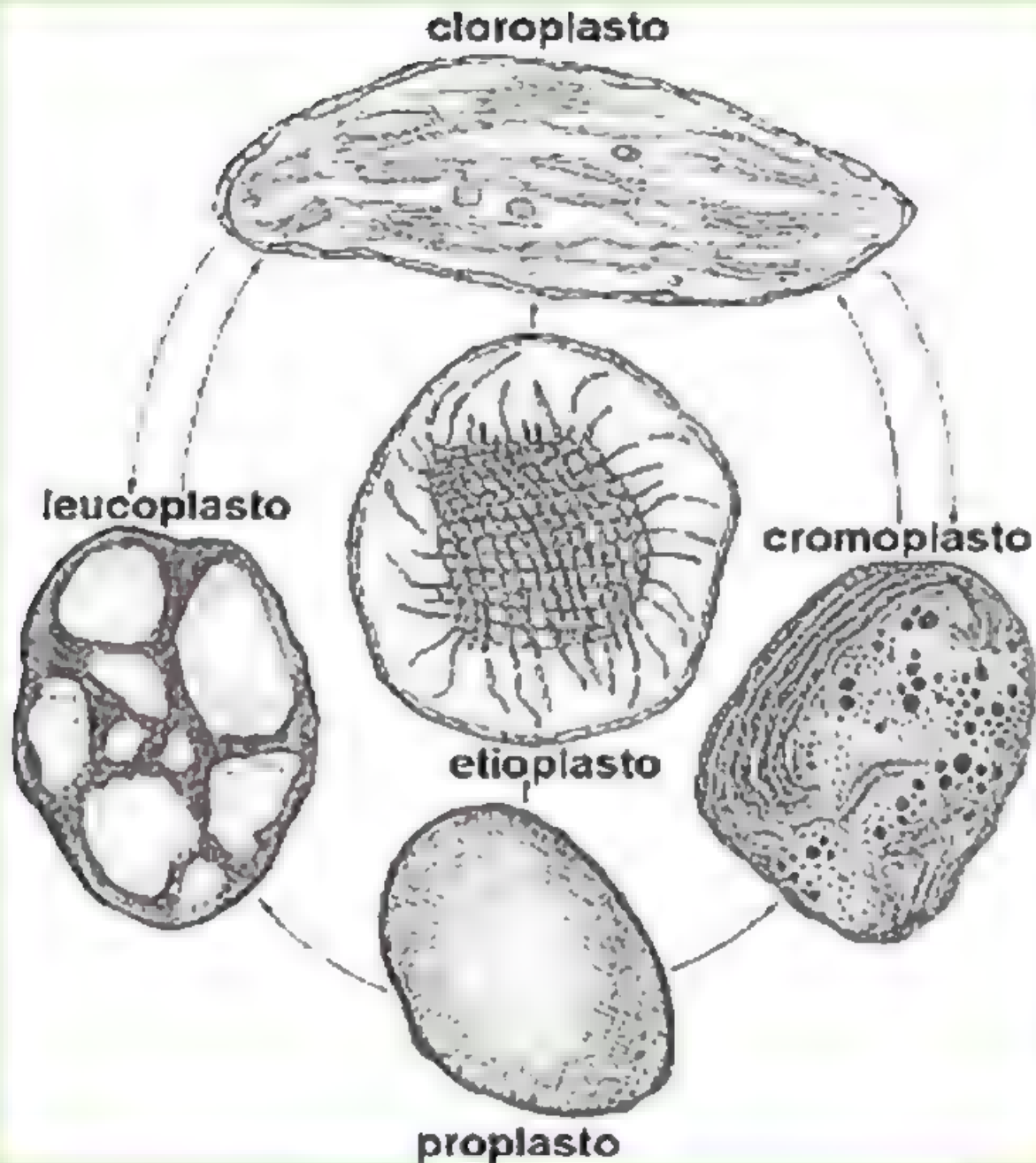
# LOS PLASTIDIOS

Junto con la pared celular y la vacuola, los plastidios son componentes característicos de la célula vegetal.

Son organelos que se caracterizan por tener una **doble membrana**, que internamente puede diferenciarse en un **sistema de membranas** y una sustancia más o menos homogénea que es el **estroma**.

Pueden sintetizar y almacenar diferentes tipos de **pigmentos**.

Según el tipo de pigmento que contengan se clasifican en: **cloroplastos**, **cromoplastos** y **leucoplastos**.



Los diferentes tipos de plastidios provienen de un **proplasto** o **proplastidio**.

De ahí que pueda suceder una transformación de un plastidio en otro.



Transformación de **cloroplastos** en **cromoplastos** durante la maduración de los frutos.





Transformación de ~~leucoplastos~~ en **cloroplastos** durante la exposición de los tubérculos de papa a la luz.

Exposición de los  
tubérculos de papa  
a la luz



SOLANINA

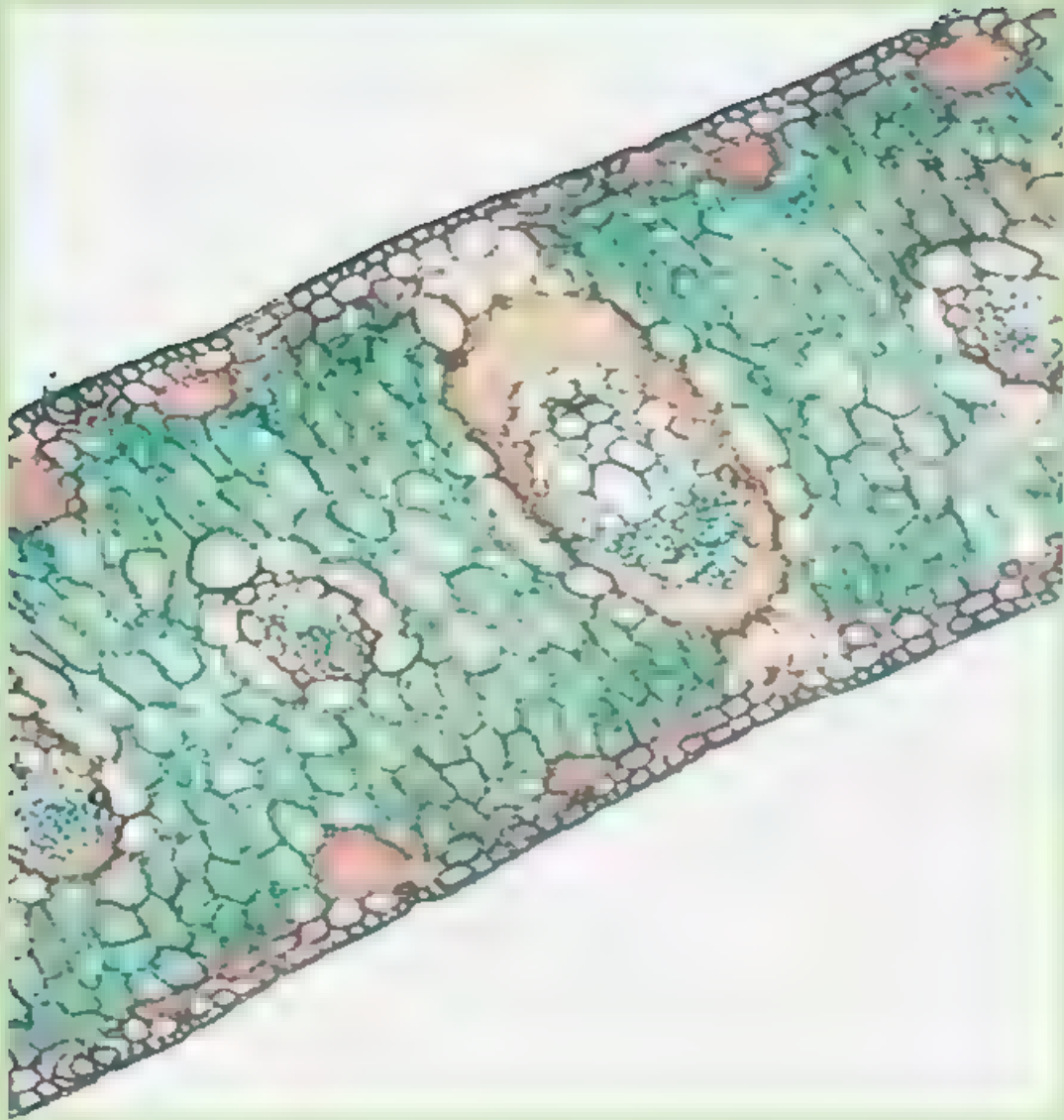
Cuidado en el  
almacenamiento  
de los tubérculos

# CLOROPLASTOS

## Ubicación



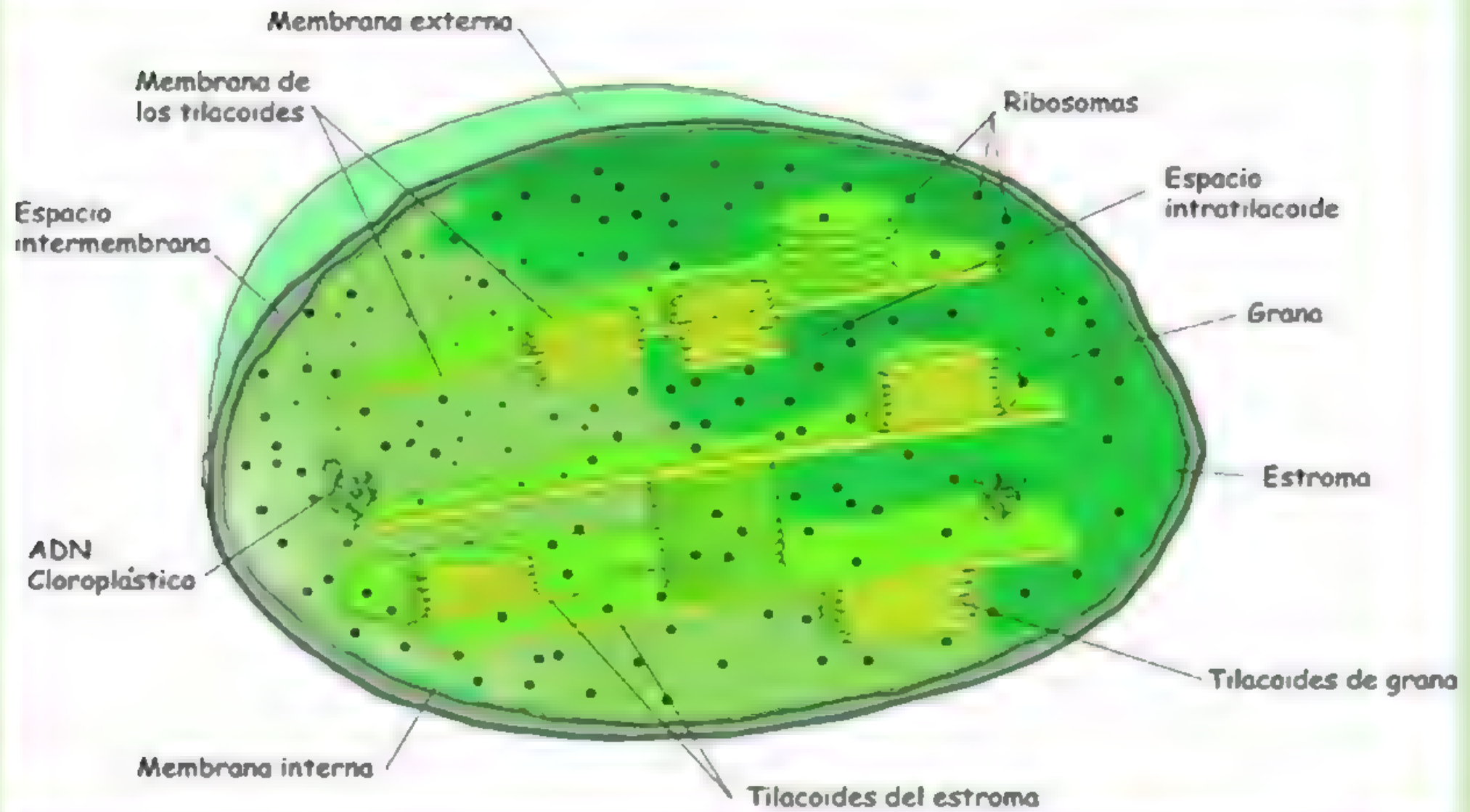
En tallos verdes y hojas



Mesófilo de la hoja



# Partes



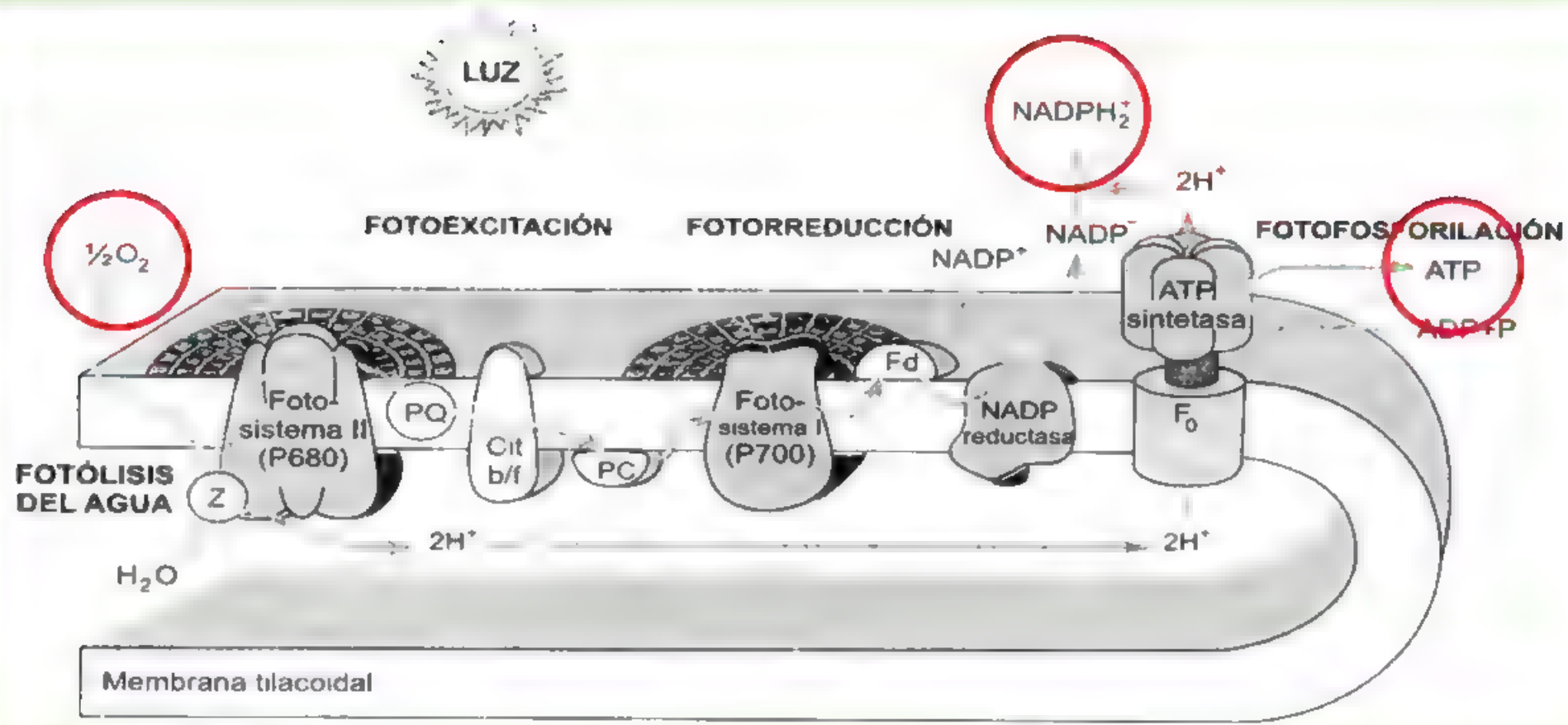
# FOTOSÍNTESIS

## 1. Fase luminosa

El mejor modelo para explicar el transporte fotosintético de electrones en organismos cuyo proceso fotosintético involucra el desprendimiento de oxígeno, es aquel que incluye 2 reacciones fotoquímicas que actúan cooperativamente en serie:

El **fotosistema II** que genera en la luz un **oxidante fuerte** capaz de reaccionar con el agua para generar oxígeno mediante una reacción conocida como **reacción de Hill** o **fotólisis del agua**.

El **fotosistema I** que genera en la luz un **reductor fuerte** que realiza la **reducción del NADP**.

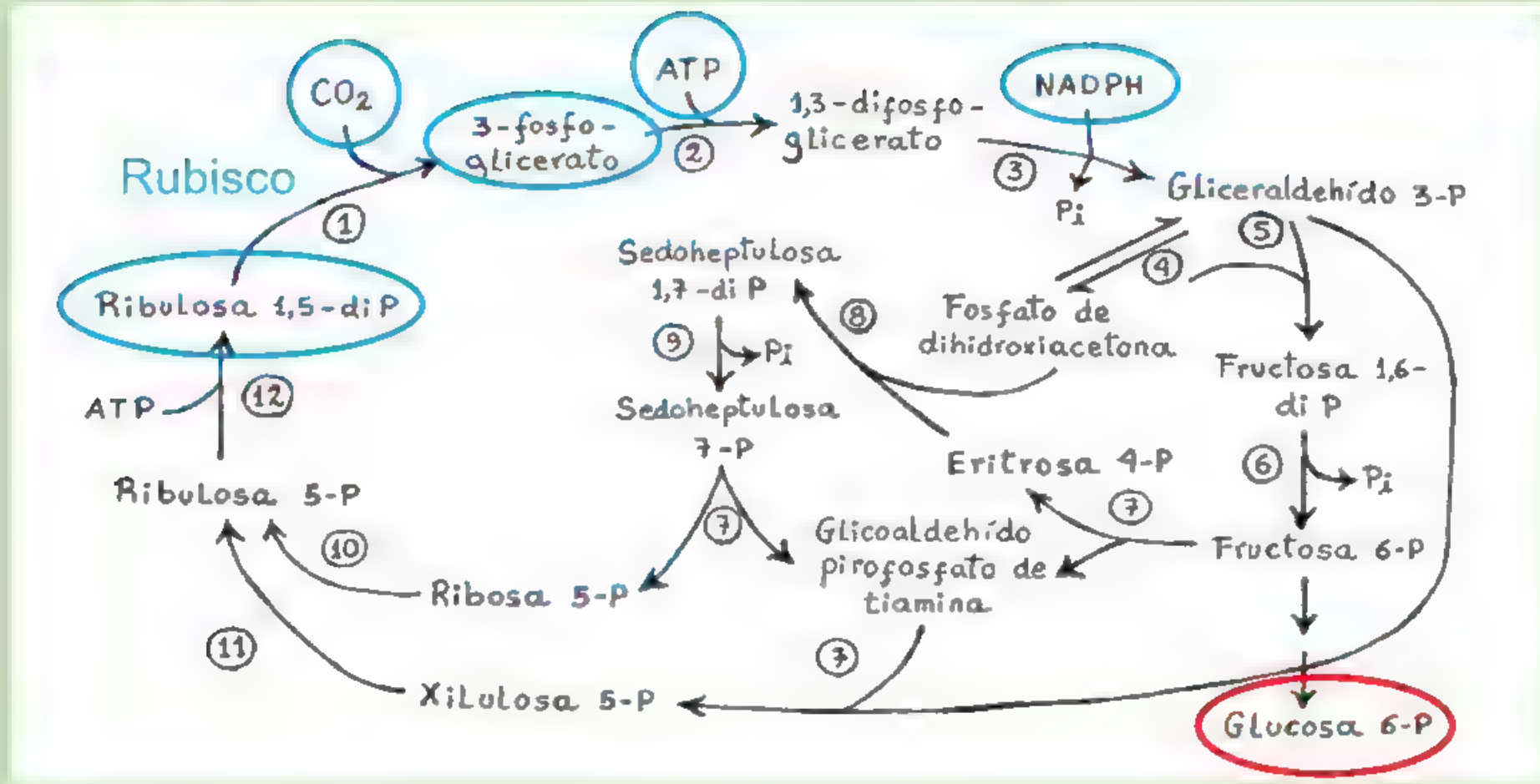


Sólo las 2 reacciones que ocurren en los fotosistemas son **endergónicas**, mientras que todas las demás son **exergónicas**.

Toda esta energía liberada crea un gradiente electroquímico que luego impulsa la **síntesis de ATP** por la acción del complejo enzimático **ATP sintetasa**.



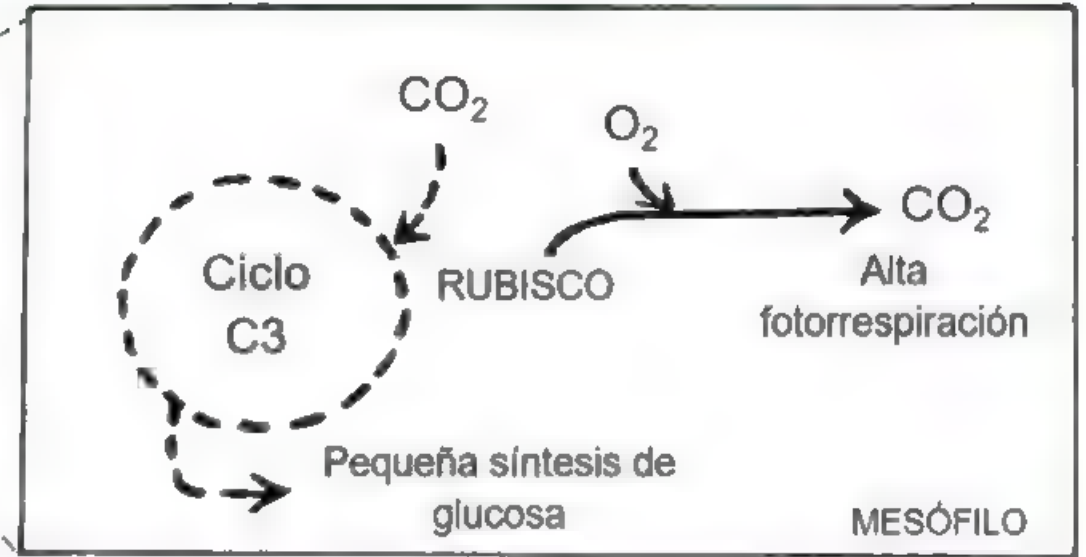
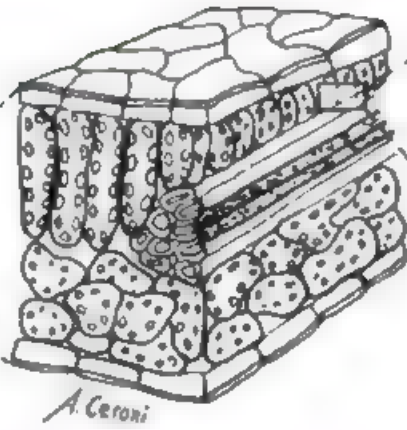
## 2. Fase oscura



Ciclo de Calvin & Benson: 1. Carboxilación; 2 - 3. Reducción y 5 - 12. Regeneración. Enzimas propias del ciclo: 1. Ribulosa 1,5 - difosfato carboxilasa / oxigenasa (**Rubisco**) y 12. Ribulosa 5 - fosfato quinasa.

# TIPOS DE FOTOSÍNTESIS

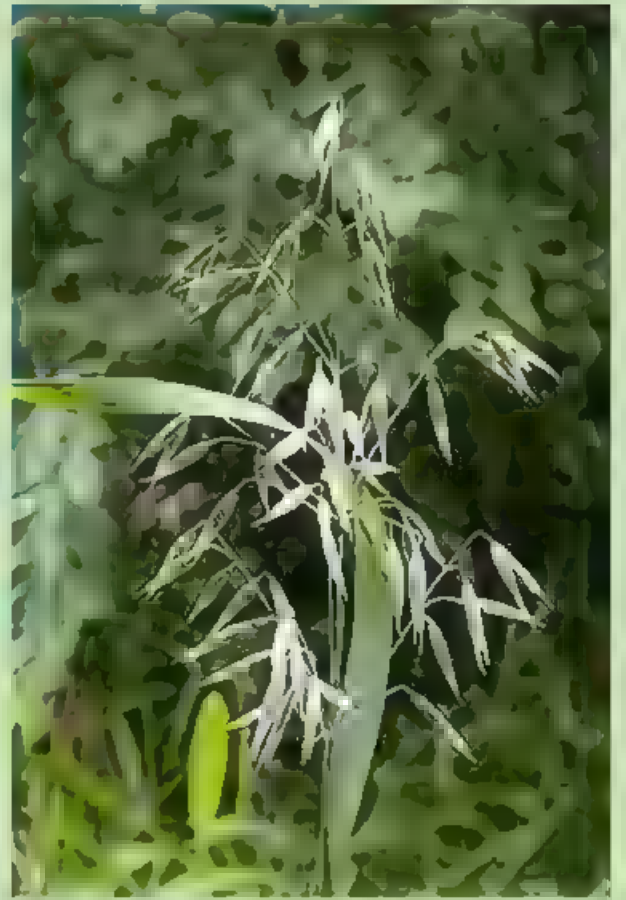
## 1. En plantas $C_3$



Plantas de zonas templadas

Fijación del  $CO_2$  en el mesófilo de la hoja a través del ciclo de Calvin & Benson (ciclo  $C_3$ ). La **síntesis de glucosa es baja**, mientras que la **fotorrespiración es alta**.

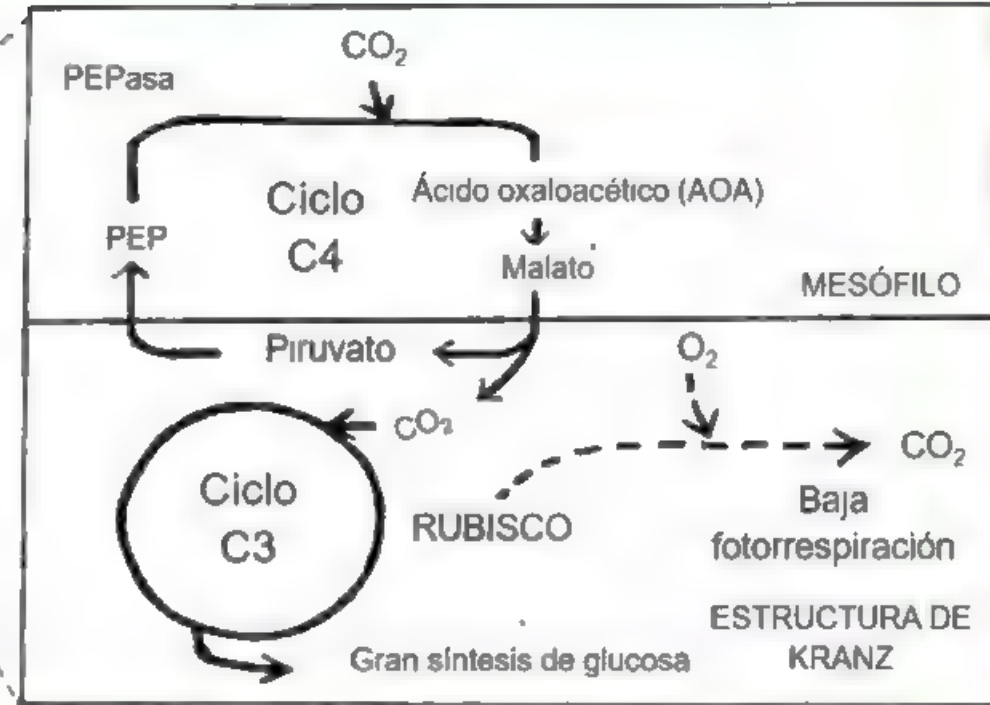
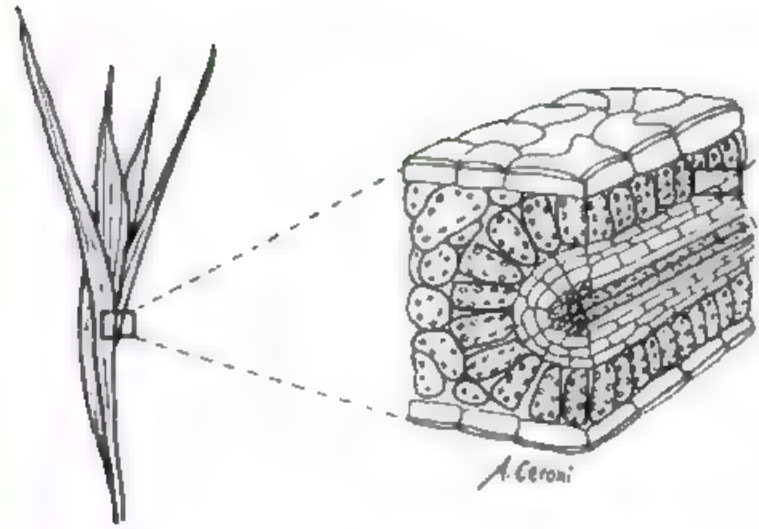
Alrededor del **50% del  $\text{CO}_2$**  se pierde por fotorrespiración



Muchas especies vegetales de climas templados como el “girasol”, “trigo”, “tomate”, “espinaca”, “avena”, “centeno”, “arroz”, etc. dependen únicamente de esta vía y por ello se denominan plantas  $\text{C}_3$ .



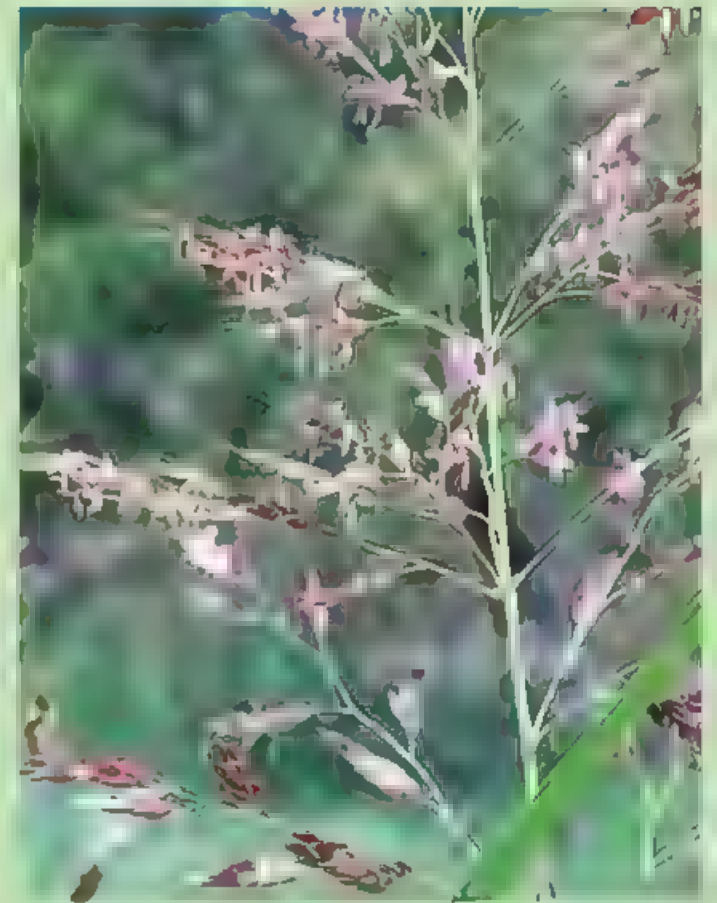
## 2. En plantas $C_4$



Plantas de zonas tropicales y subtropicales

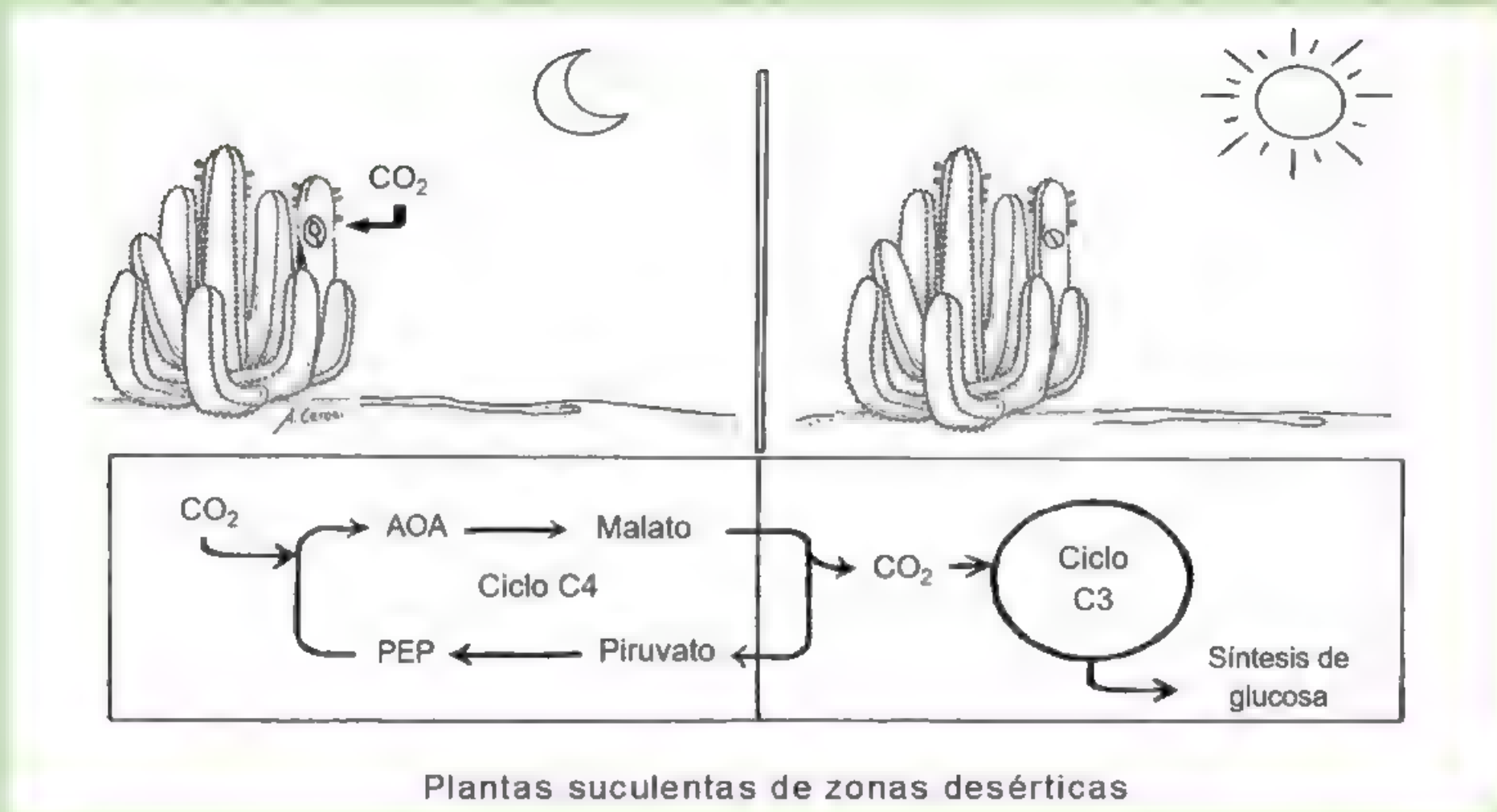
Fijación del  $CO_2$  primero en el mesófilo de la hoja a través del ciclo de Hatch-Slack (ciclo  $C_4$ ) y luego en la estructura de Kranz a través del ciclo de Calvin & Benson (ciclo  $C_3$ ). La **síntesis de glucosa es alta**, mientras que la **fotorrespiración es baja**.

Las plantas  $C_4$  son **fotosintéticamente 2 ó 3 veces más eficientes**



Las especies vegetales de zonas tropicales y subtropicales como el “maíz”, “caña de azúcar”, “sorgo”, “amaranto”, etc. poseen esta vía auxiliar y por ello se denominan plantas  $C_4$ .

### 3. En plantas CAM



Fijación del  $\text{CO}_2$  primero en la noche, con los estomas abiertos, a través del ciclo de Hatch-Slack (ciclo  $\text{C}_4$ ) y luego en el día, con los estomas cerrados, a través del ciclo de Calvin & Benson (ciclo  $\text{C}_3$ ), **evitando la deshidratación.**



Las plantas CAM al tomar el  $\text{CO}_2$  en la noche **no se deshidratan** y por eso están bien adaptadas para vivir en ambientes desérticos.



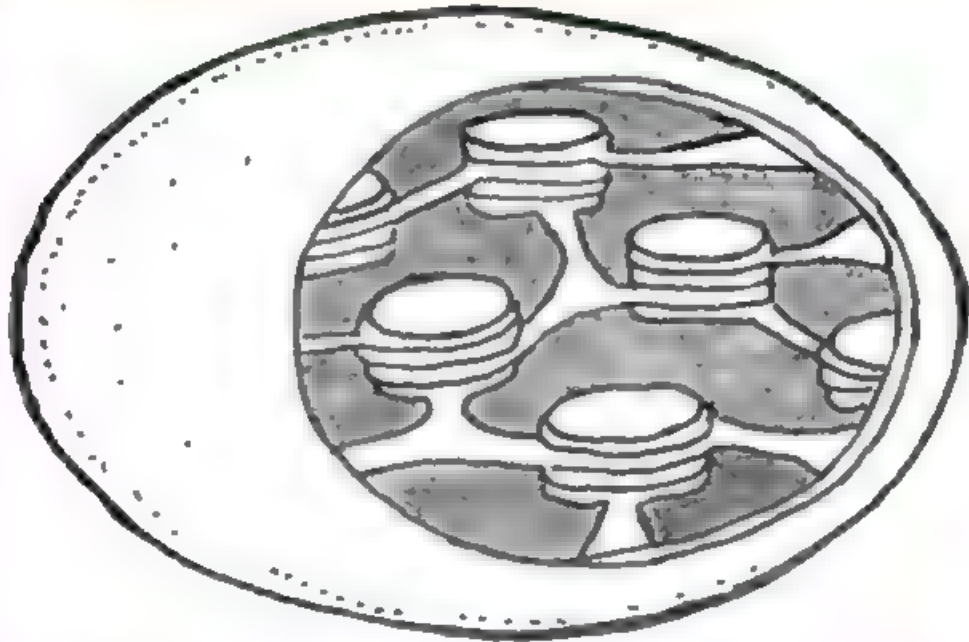


Especies vegetales como la “piña”, “kalanchoe”, “tilansia”, “bromelia”, “sansevieria”, “welwistschia”, “cactus”, etc. tienen como mecanismo adaptativo el **metabolismo ácido crasuláceo** o CAM, descubierto inicialmente en plantas de la familia Crassulaceae, y por ello se denominan plantas CAM.

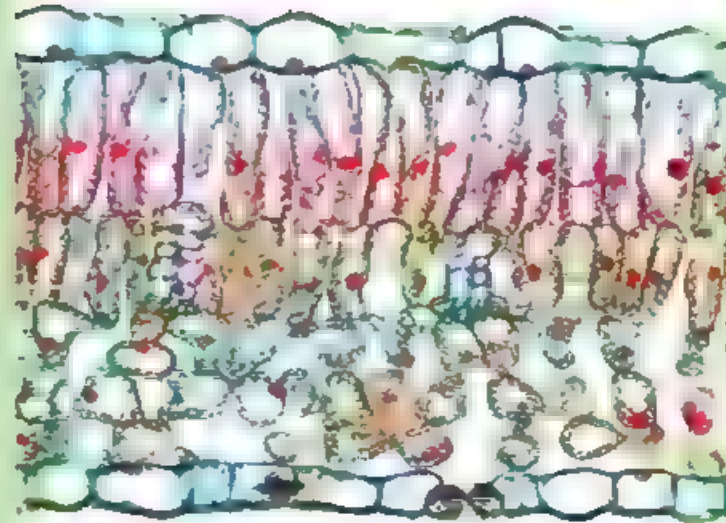
# DIMORFISMO DE CLOROPLASTOS

La estructura del cloroplasto puede variar según el tipo de fotosíntesis:

## 1. En plantas $C_3$



Existe **un solo tipo de cloroplasto con grana y rubisco**, en donde se realiza la fase luminosa en el grana y la fase oscura en el estroma.



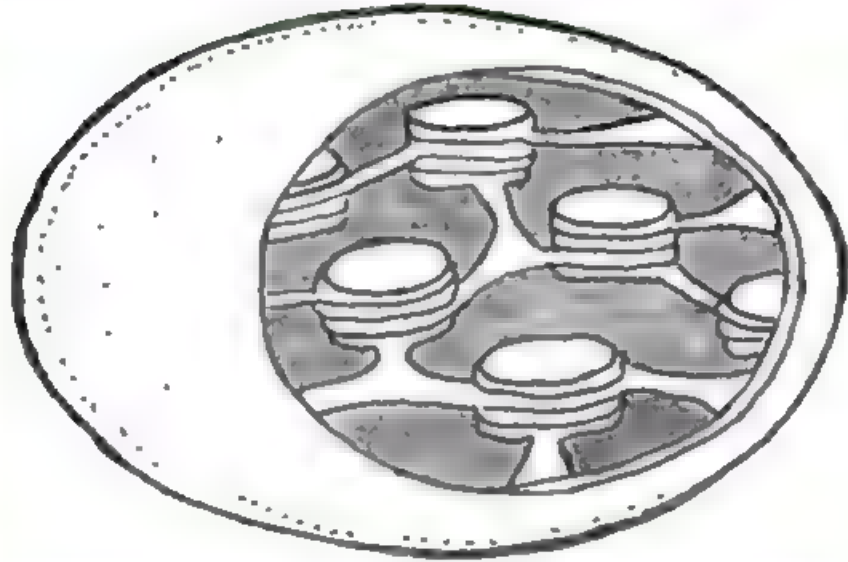
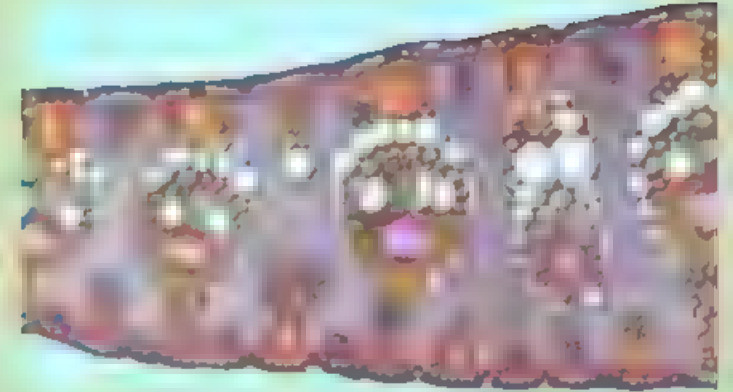
En todas las células del mesófilo de la hoja



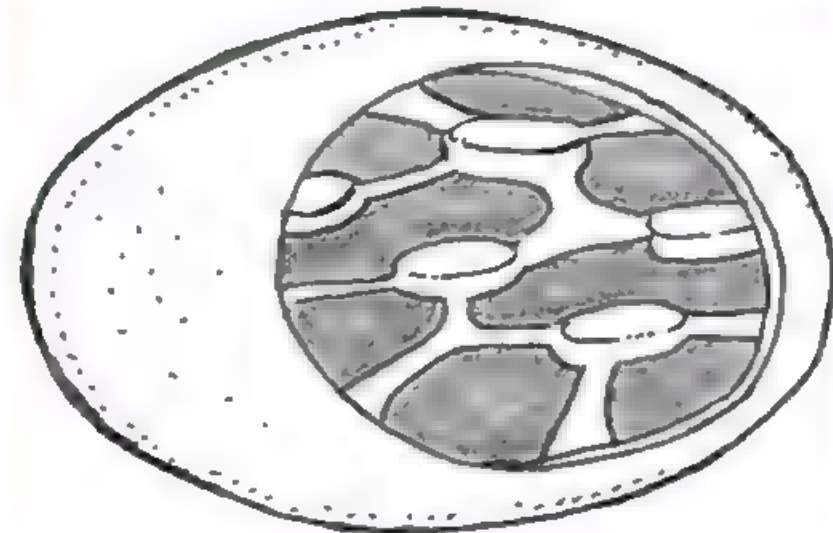
## 2. En plantas $C_4$

Existen 2 tipos de cloroplastos:

En el mesófilo de la hoja, **cloroplastos con grana pero sin rubisco**, en donde sólo se realiza la fase luminosa.



En la estructura de Kranz, **cloroplastos sin grana o poca grana pero con rubisco**, en donde se realiza la fase oscura.



## DIFERENCIAS ENTRE PLANTAS C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> Y CAM

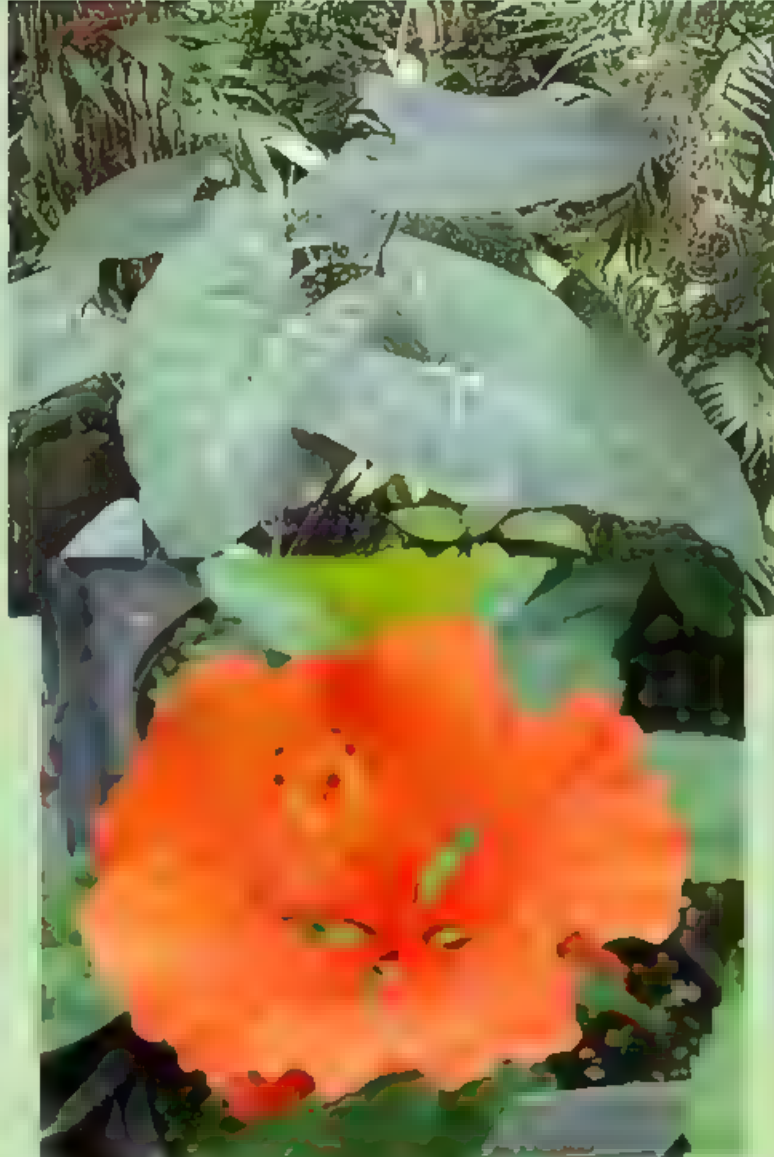
Característica	Plantas C <sub>3</sub>	Plantas C <sub>4</sub>	Plantas CAM
Porcentaje de especies	89%	< 1%	10%
Hábitat	Templados	Cálidos y tropicales	Desérticos y epifíticos
Temperatura óptima	15 - 25 °C	25 °C	Más de 30 °C
Anatomía	Sin estruct. de Kranz	Con estruct. de Kranz	Suculencia
Frecuencia estomática	40 - 300 /mm <sup>2</sup>	100 - 160 /mm <sup>2</sup>	1-8 /mm <sup>2</sup>
Fotosíntesis neta	15 - 35 mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> de hoja/hora	40 - 80 mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> de hoja/hora	1 - 18 mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> de hoja/hora
Fotorrespiración	50% de la fotosíntesis	Muy baja	Muy baja a nula
EUA (*)	1 - 3 g CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> O	2 - 5 g CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> O	10 - 40 g CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> O
Tasa de crecimiento	5 - 20 g/m <sup>2</sup> /d	40 - 50 g/m <sup>2</sup> /d	0.2 g/m <sup>2</sup> /d
Productividad	10 - 30 t/ha/año	60 - 80 t/ha/año	< 10 t/ha/año (**)

(\*) Eficiencia en el uso del agua

(\*\*) bajo condiciones de riego las plantas CAM se encuentran entre las más productivas

# CROMOPLASTOS

## Ubicación

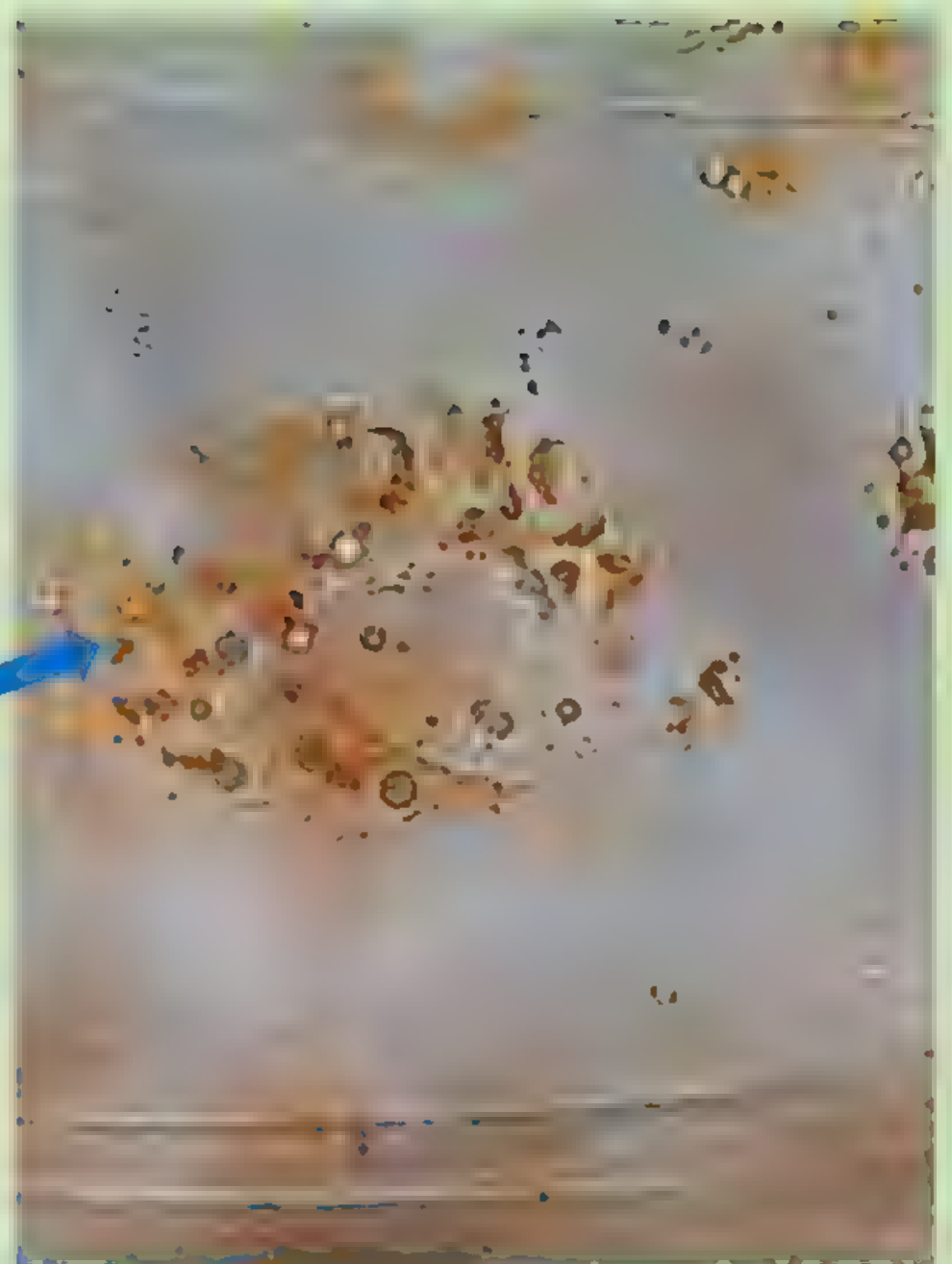


En hojas, flores y frutos



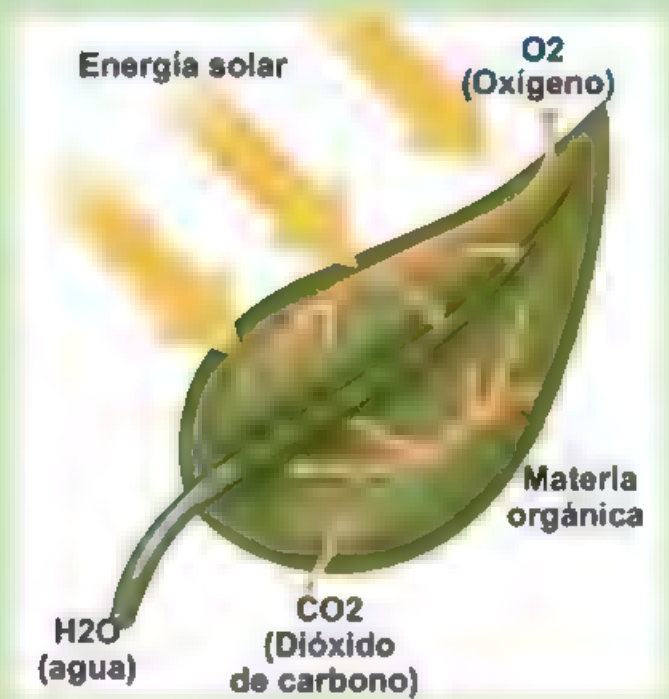
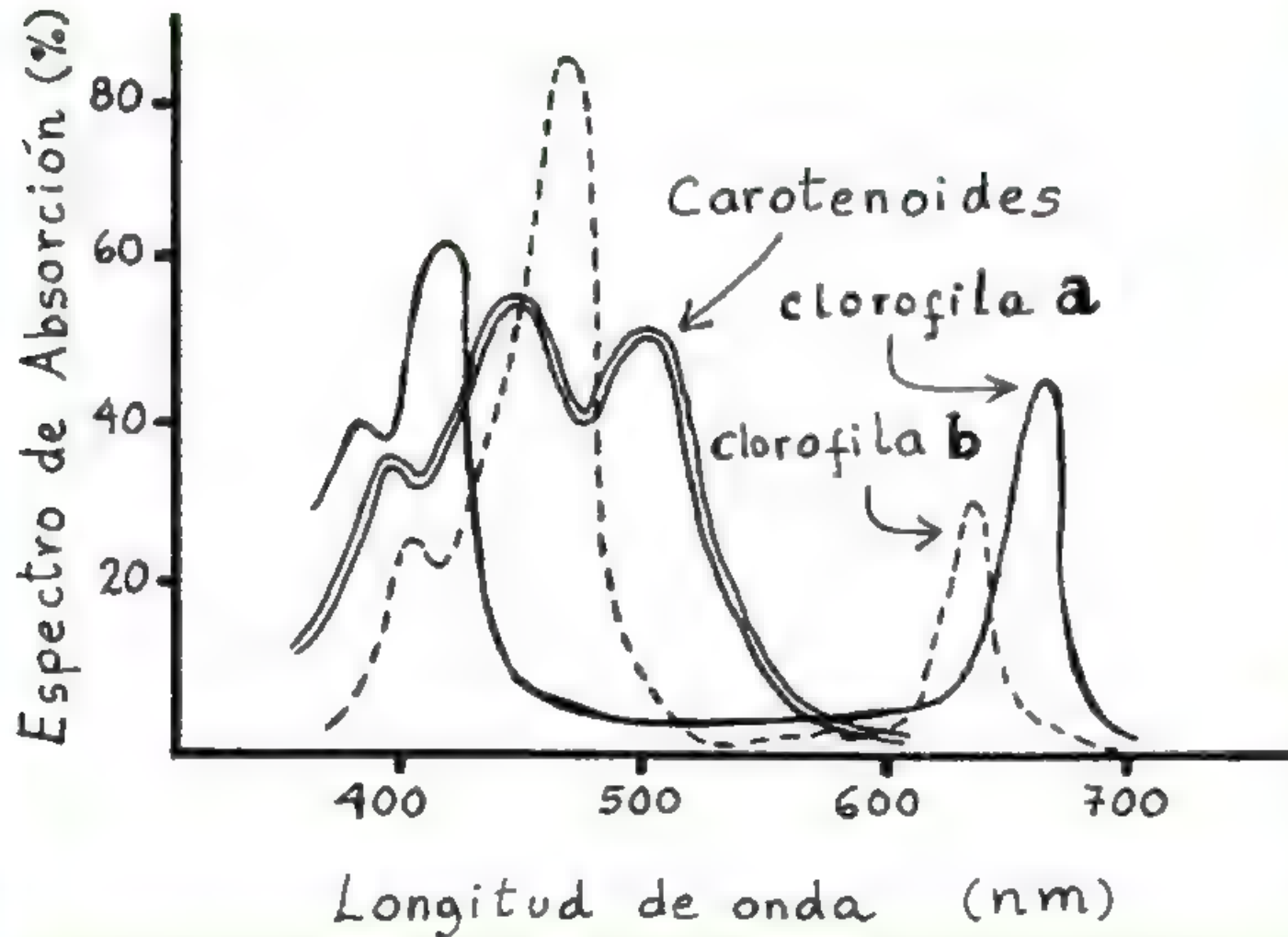


Mesocarpo de "rocoto"

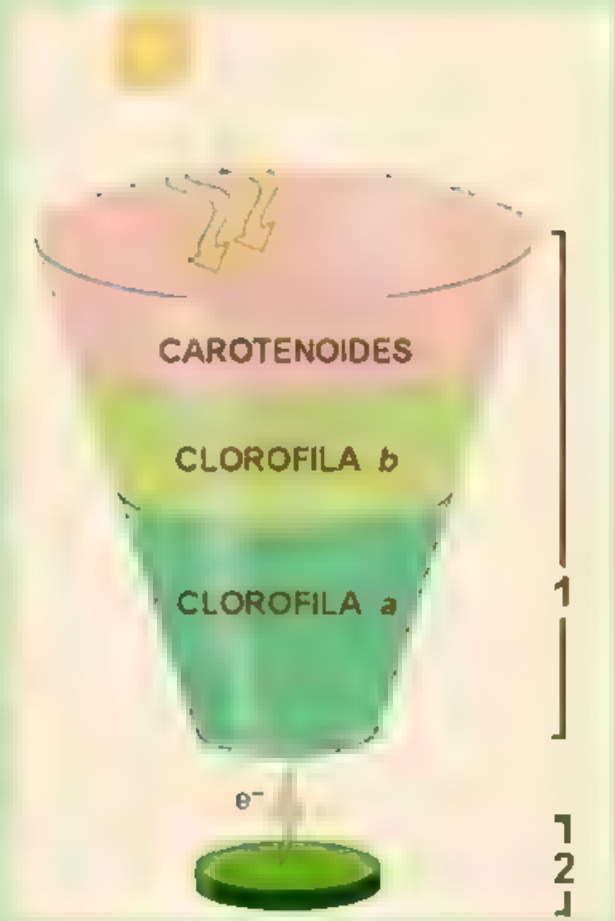
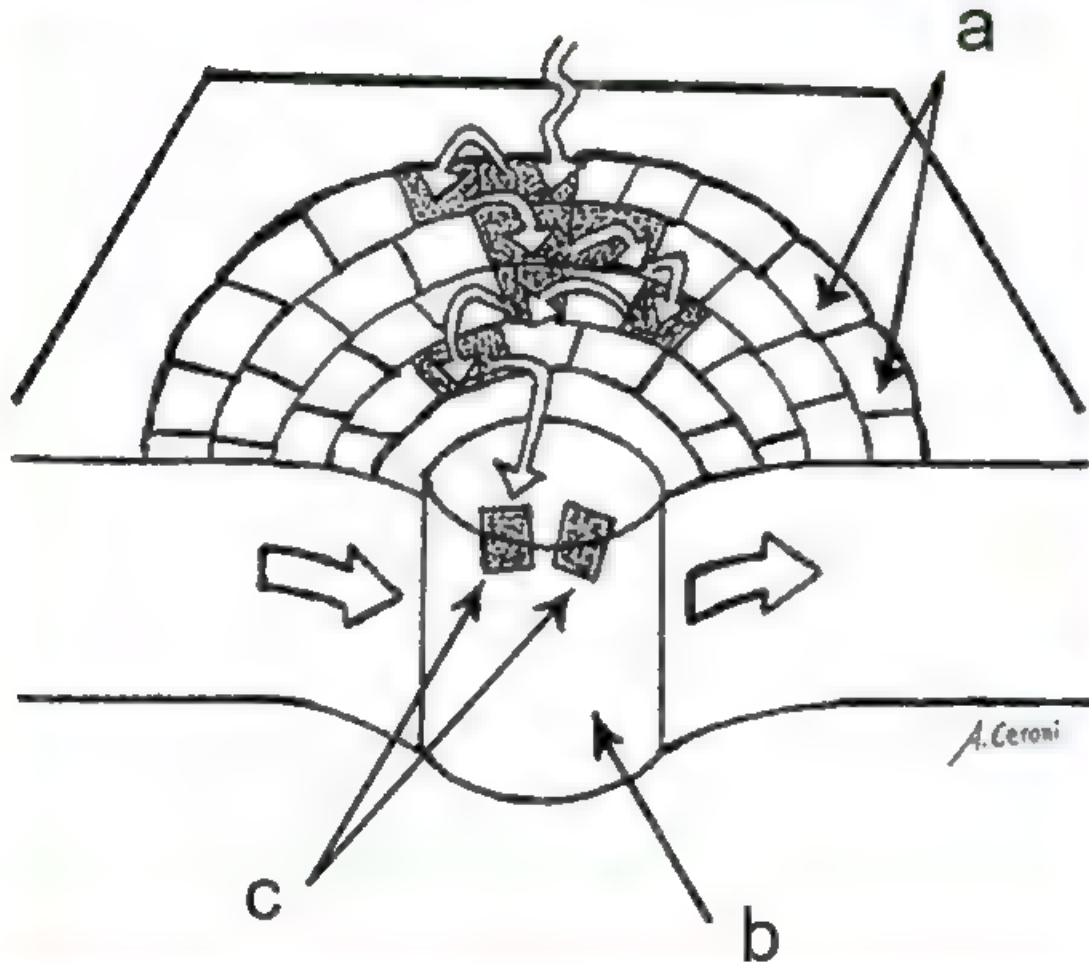


# Funciones de los carotenoides

1. Captan longitudes de onda diferentes a las clorofilas y se la **transfieren**.



2. Como **paneles solares** en los complejos antenna (a) de los fotosistemas (b).  
Protegen a las clorofilas (c) contra la **epoxidación**.





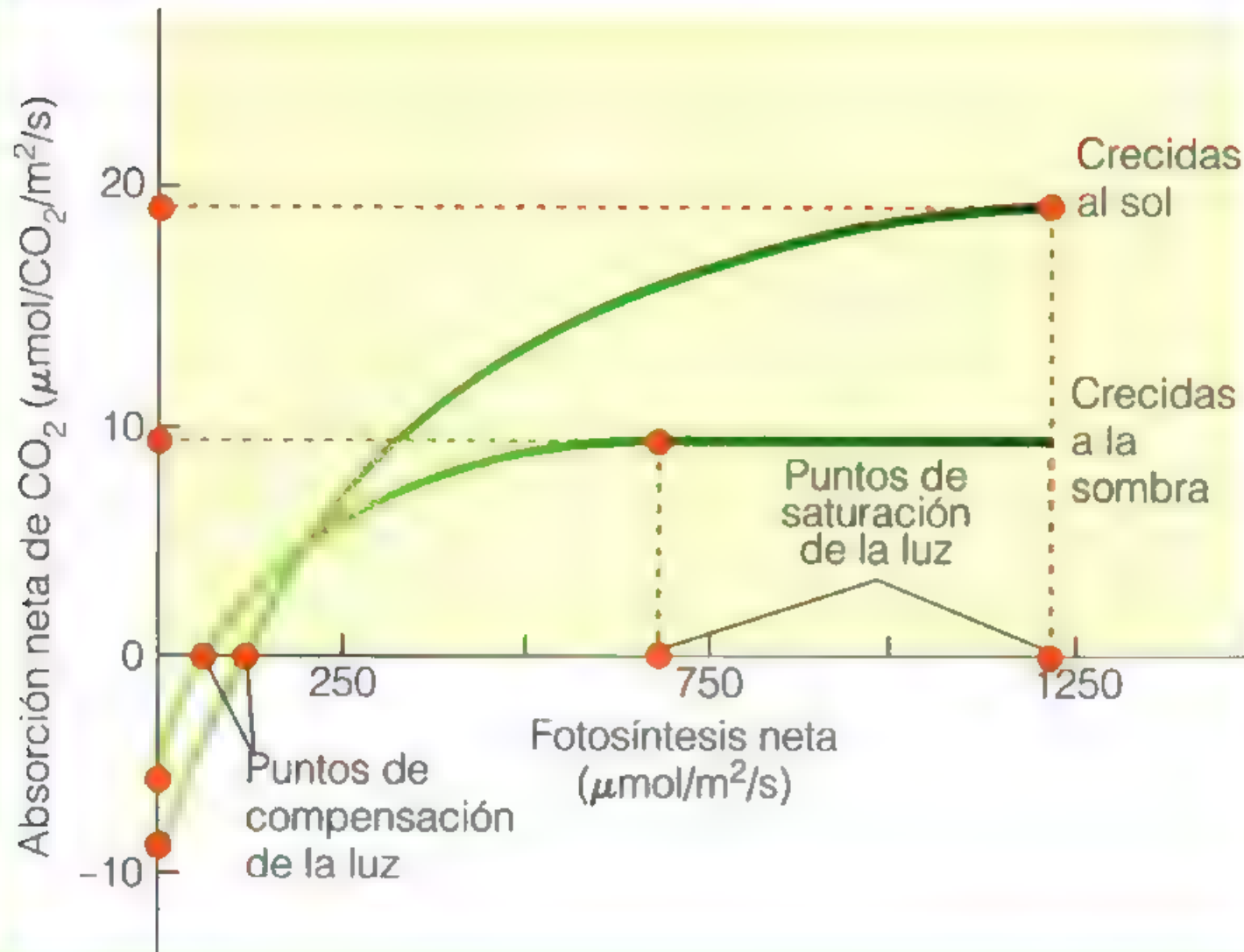
3. Como **pigmentos antena** en las llamadas plantas de sombra, capturan luz cuando las clorofilas ya no lo hacen.

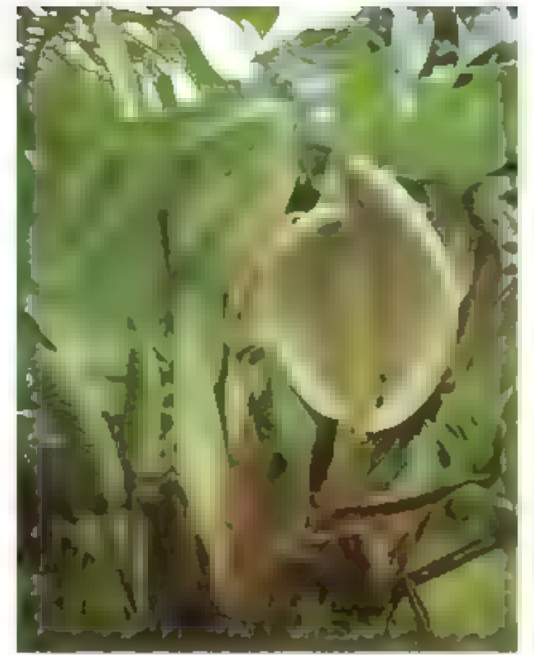


**Punto de compensación de luz:** Intensidad luminosa a la cual la fotosíntesis neta es cero.

**Punto de saturación de luz:** Donde los incrementos de la intensidad luminosa ya no provocan incremento en la fotosíntesis.

Las plantas de sombra tienen **puntos de saturación de la luz muy baja** y por lo tanto **las clorofilas tienen una saturación muy rápida**.



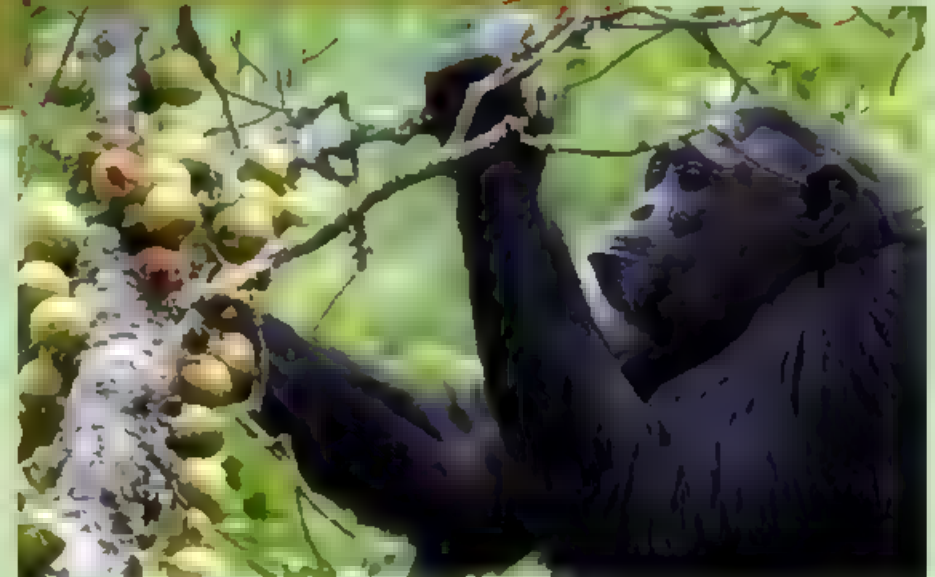
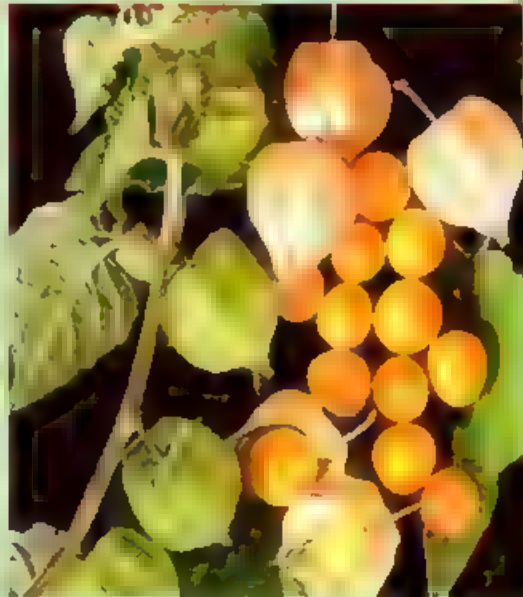


Aráceas y Helechos





4. Dan color a los frutos haciéndolos **más atractivos** para la dispersión.



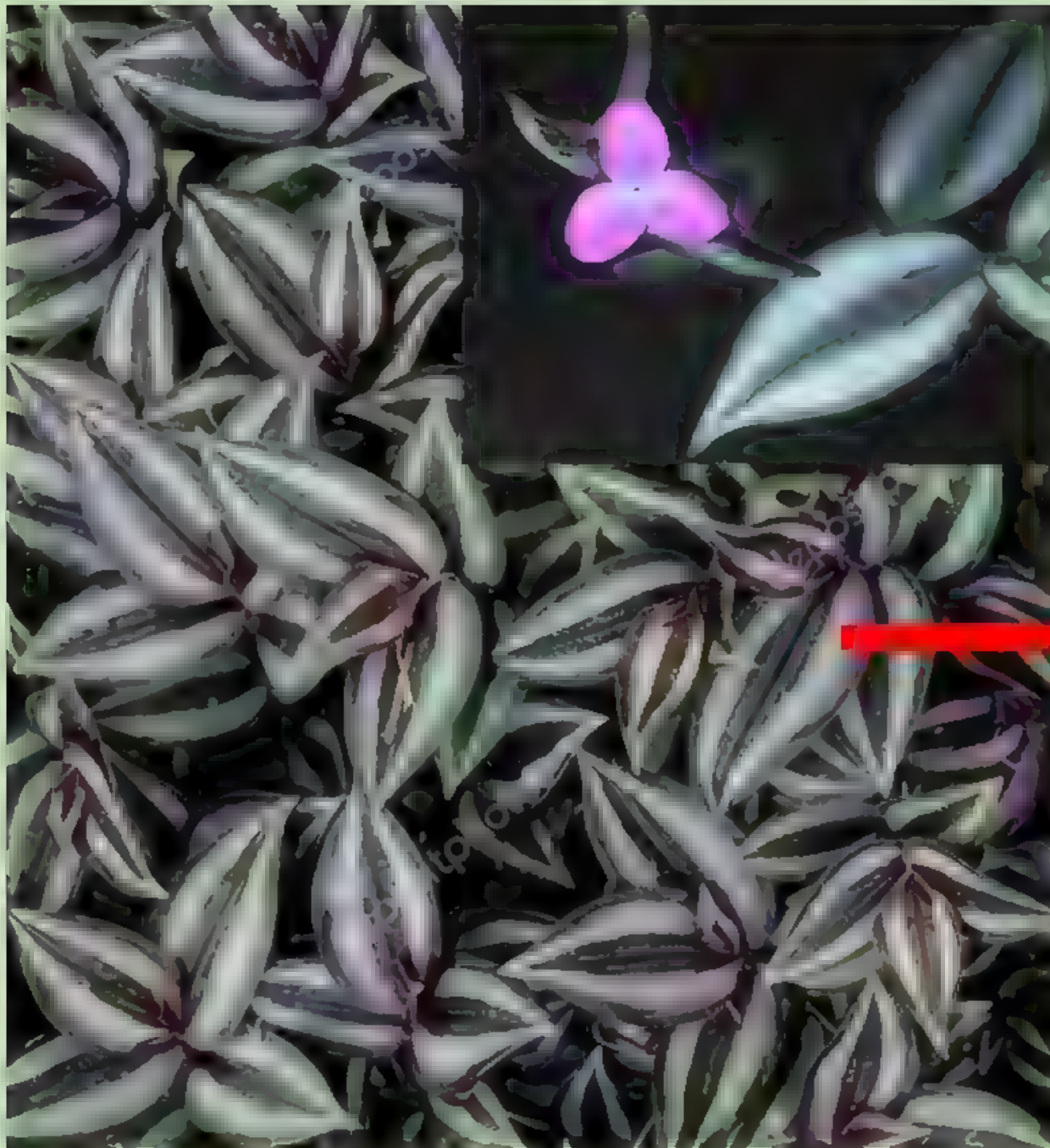
# LEUCOPLASTOS

## Ubicación



En raíces y tallos

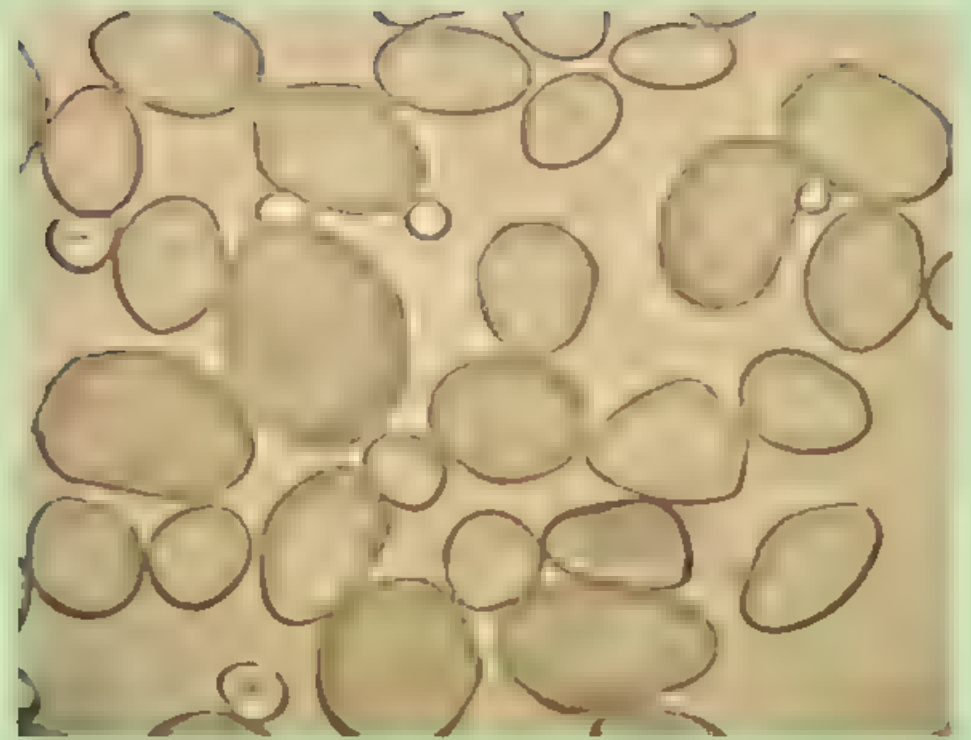




Hoja de "zebrina"

Cuando los leucoplastos que están en los órganos de reserva (tubérculos, raíces, etc.) almacenan almidón se transforman en **granos de almidón**.

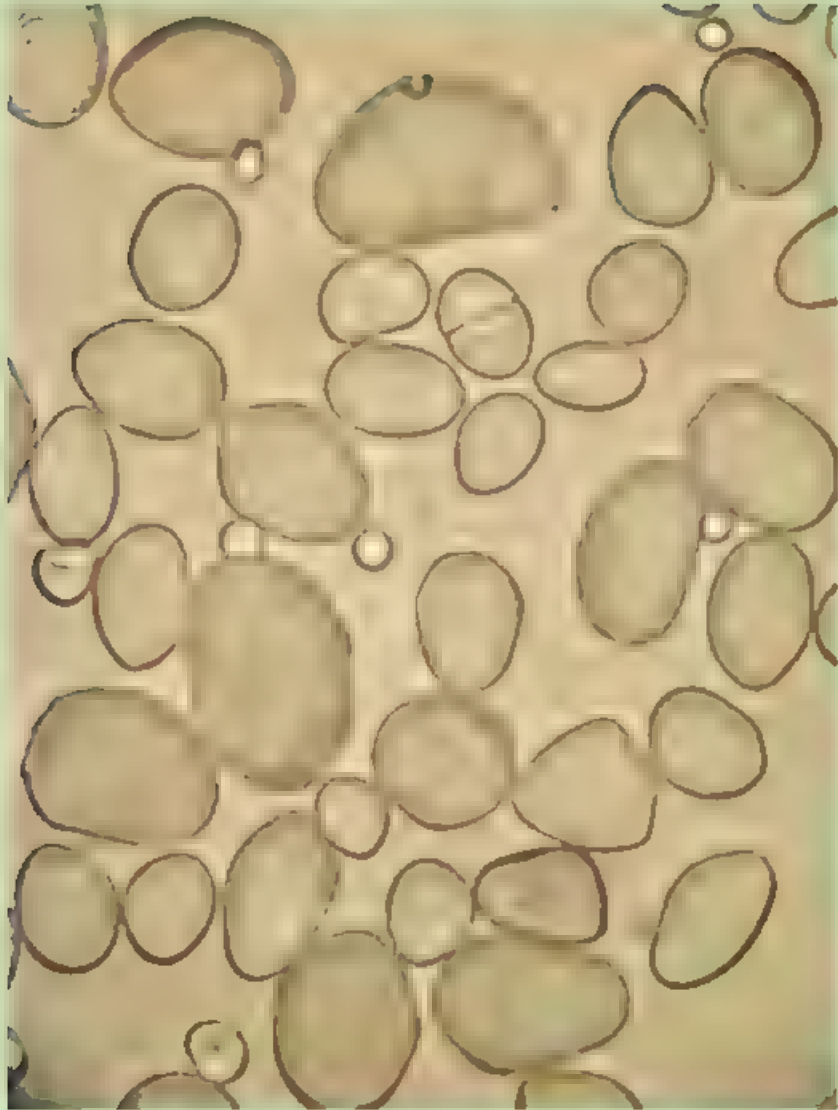
Las capas de almidón se forman alrededor de un núcleo llamado **hileo**, el cual puede ser como un **punto**, una **estrella**, una **X** o una **hendidura ramificada**, como sucede en el “trigo”, “maíz” o “fríjol”, respectivamente.



El modo de estratificación y la forma de los granos puede dar lugar a diferentes tipos.

# TIPOS DE GRANOS DE ALMIDÓN

## 1. Excéntricos



“papa”



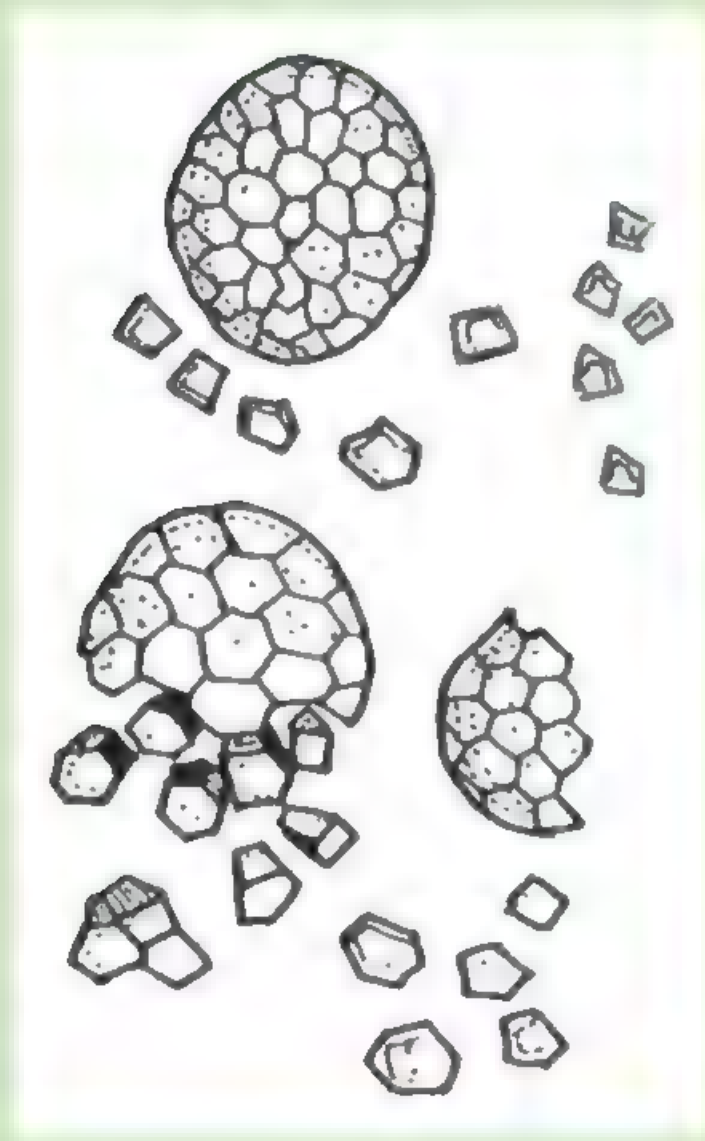
## 2. Concéntricos



“trigo”



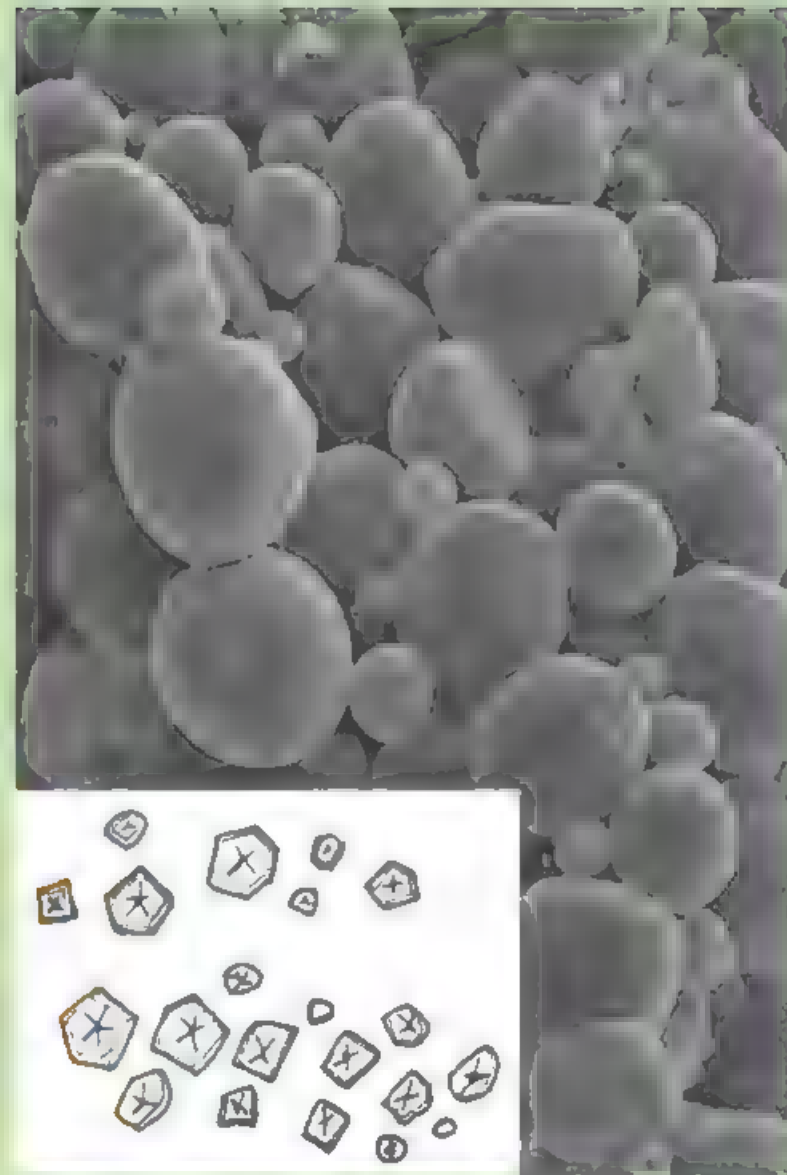
### 3. Compuestos



“arroz”



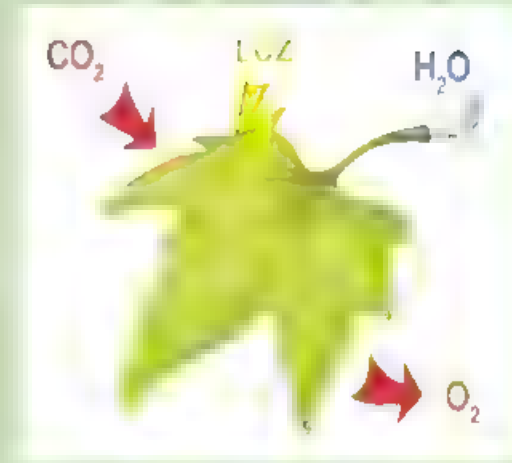
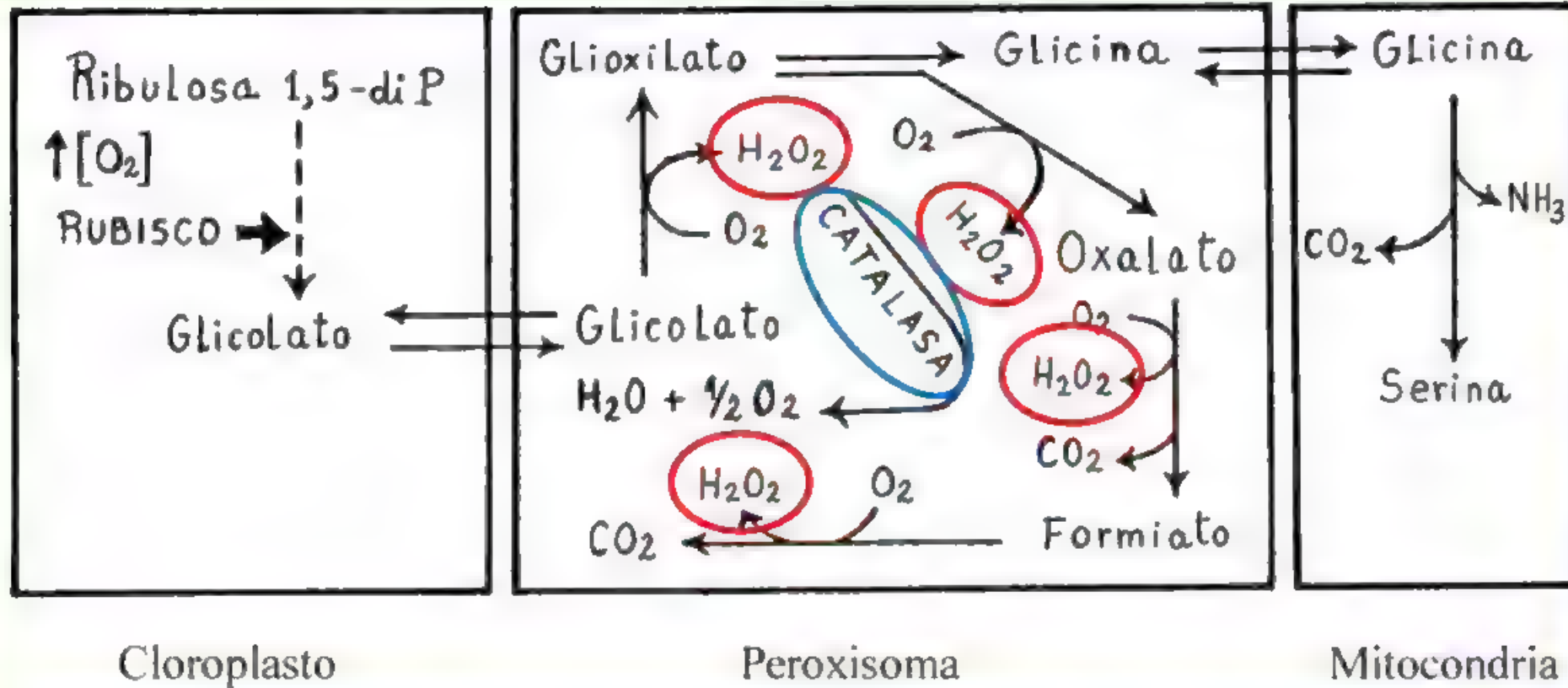
### 4. Poliédricos



“maíz”

# MICROCUERPOS

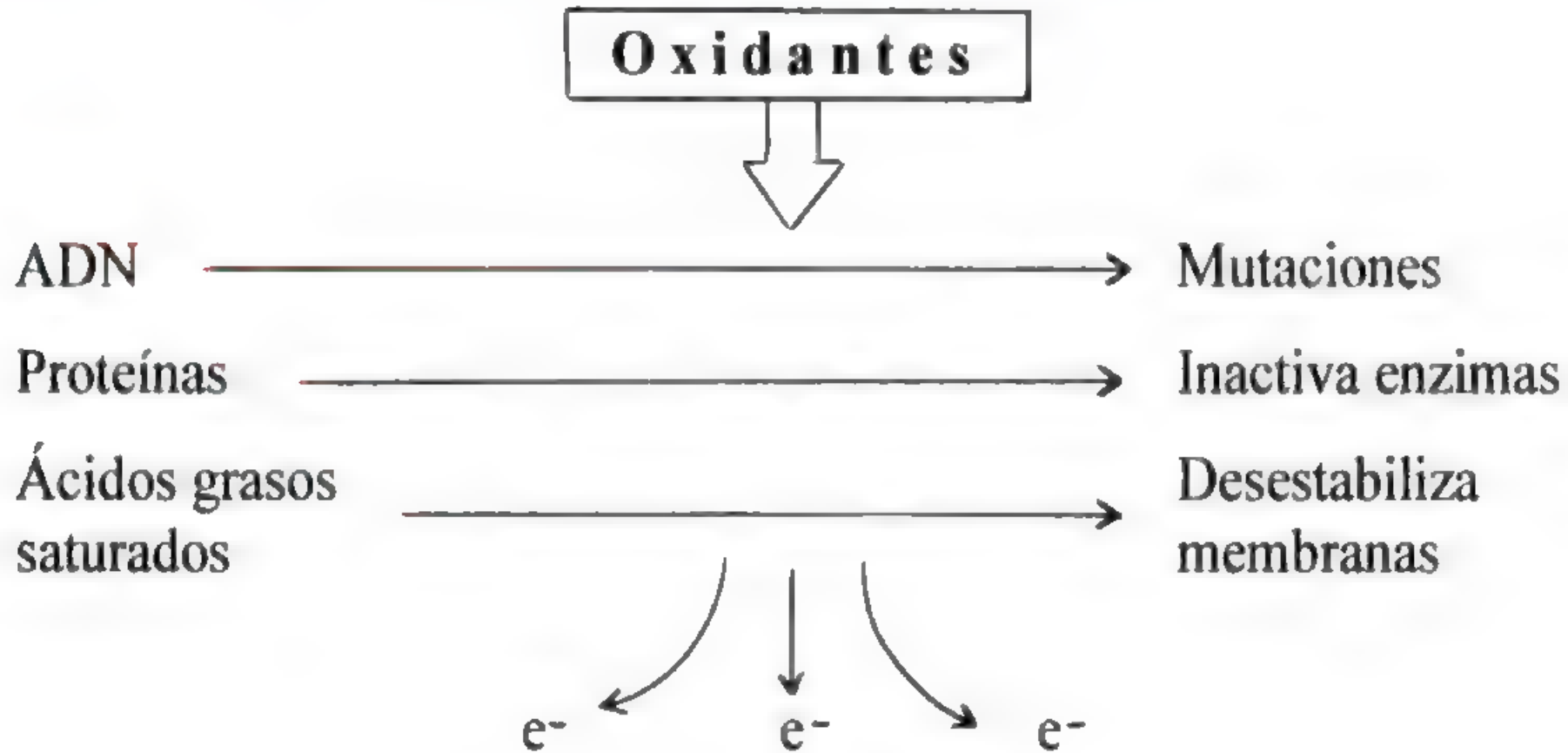
## 1. Peroxisomas



En las hojas, donde **cataliza la oxidación del glicolato** obtenido en la fijación del  $CO_2$  en carbohidratos. Contiene la enzima catalasa (**peroxidasa**). Está asociado a la fotorrespiración.

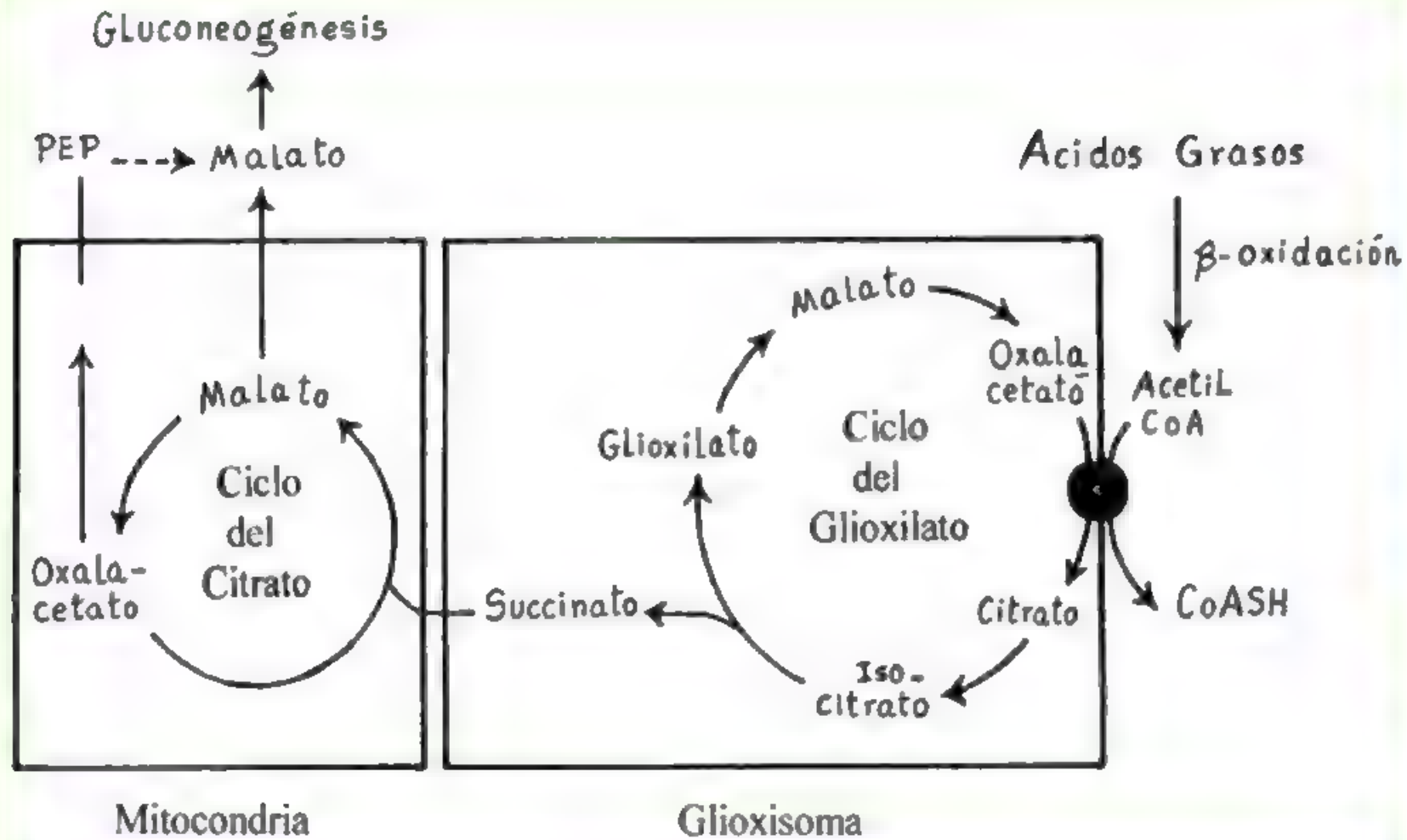
# OXIDANTES Y ANTIOXIDANTES

Los oxidantes peróxidos, superóxidos y radicales libres son tóxicos para la célula ya que dañan las moléculas de ADN, proteínas y ácidos grasos saturados al extraer electrones.





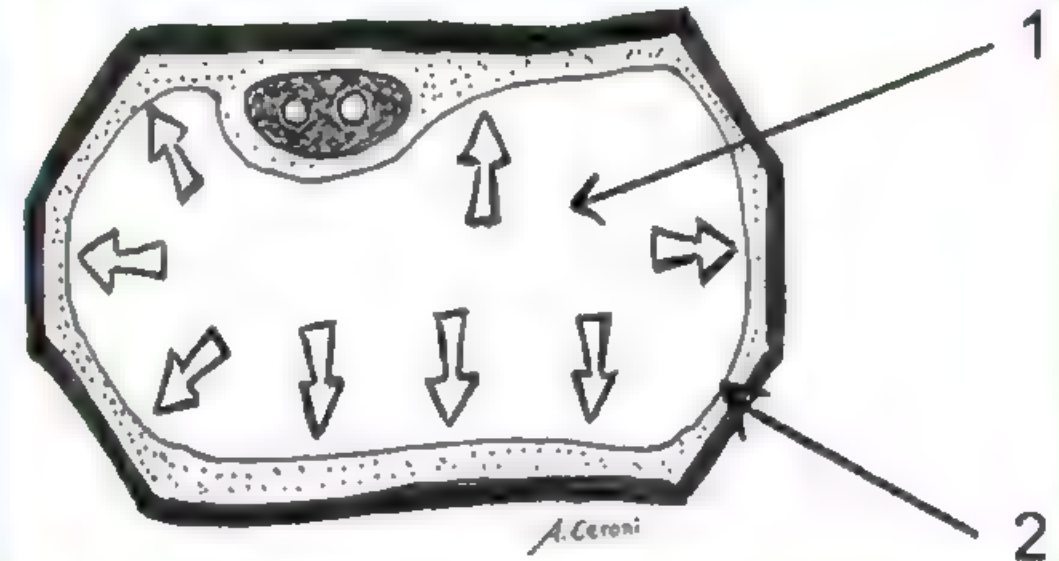
## 2. Glioxisomas



En las semillas, donde **convierte los ácidos grasos en carbohidratos** durante la germinación. Realiza el **ciclo del glioxilato**.

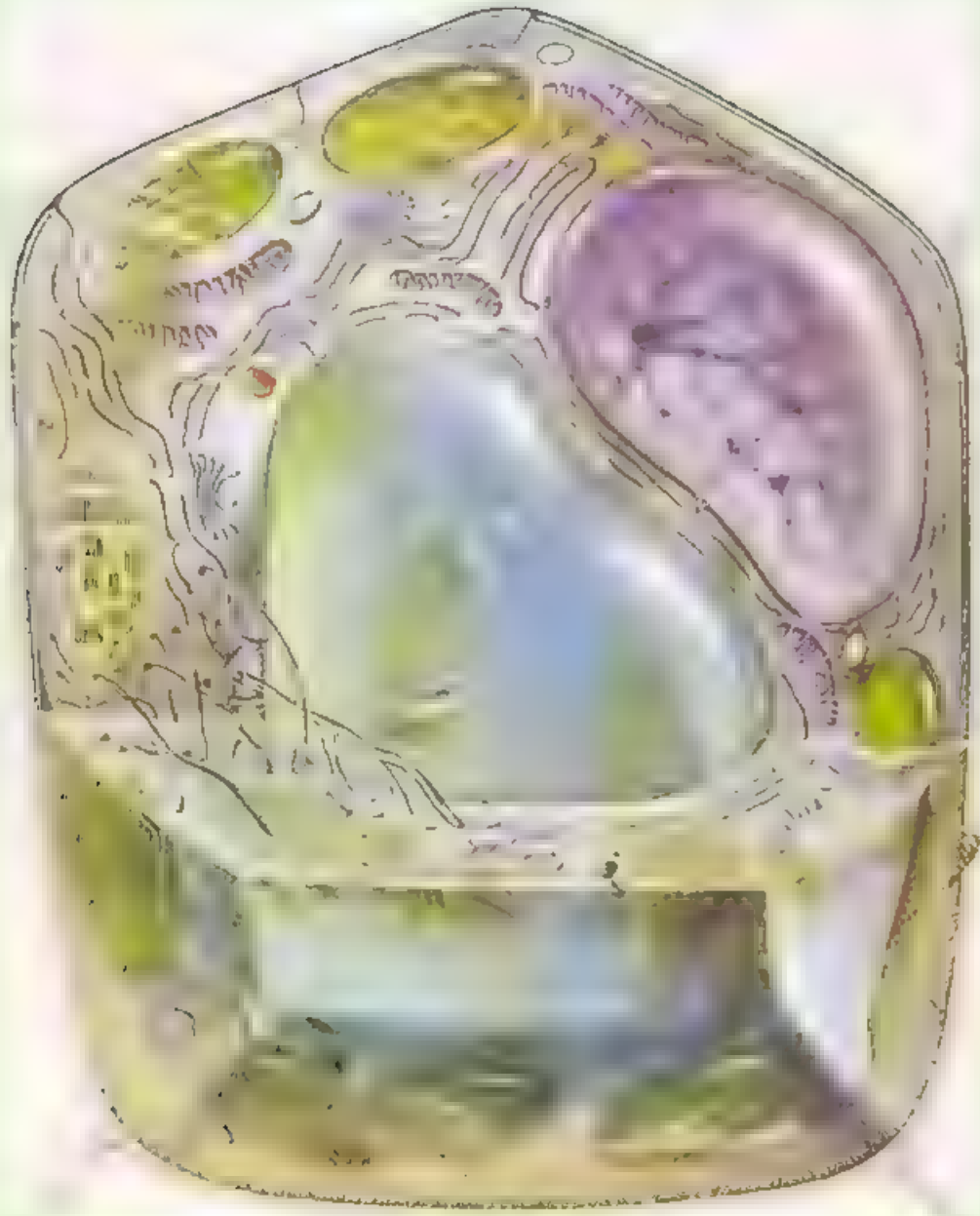
# VACUOLAS

Soluciones acuosas (1) rodeadas por una membrana llamada tonoplasto (2).



## Funciones

1. Balance hídrico.
2. Balance metabólico.
3. Presión de turgencia.



Las vacuolas contienen una solución muy diluida de numerosas sustancias.

Esta solución recibe el nombre de **savia celular**.

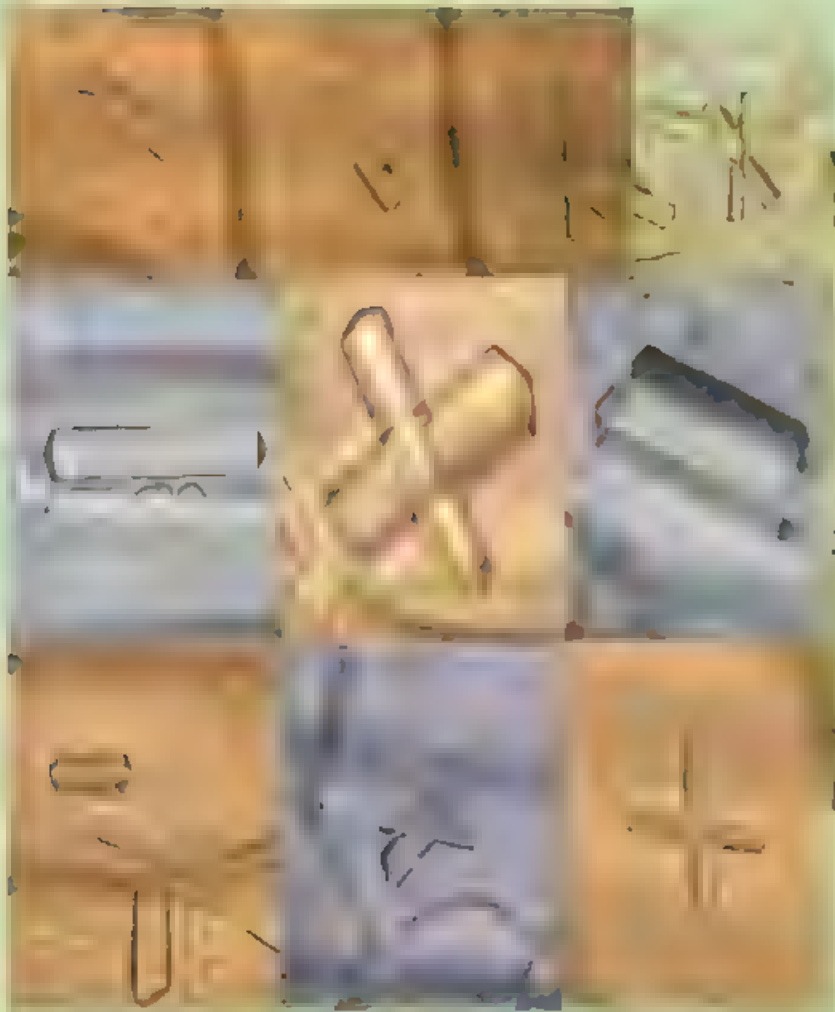
Entre sus componentes hay:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ , nitratos, sulfatos, fosfatos, cloruros de K, Na, Mg, Fe, ácidos oxálico, cítrico, málico, sales inorgánicas, azúcares, proteínas hidrosolubles, alcaloides, antocianinas, antoxantinas, etc.



# SUSTANCIAS ERGÁSTICAS

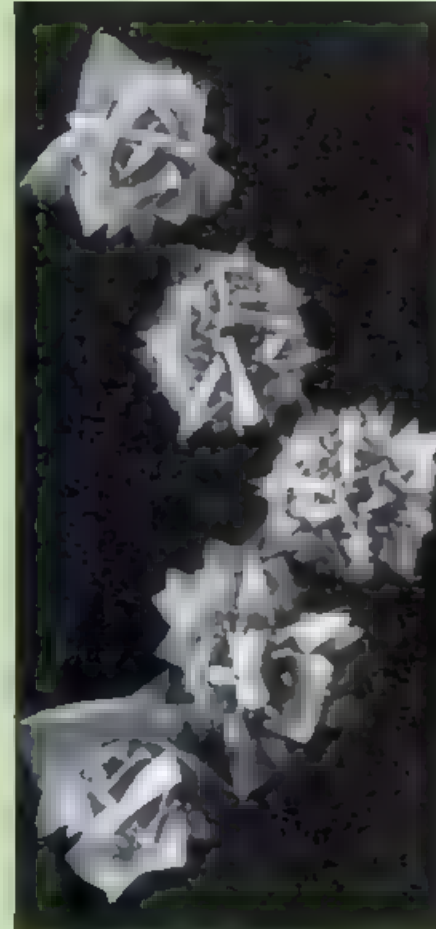
1. De desecho: Como los cristales de oxalato de calcio.

Maclas

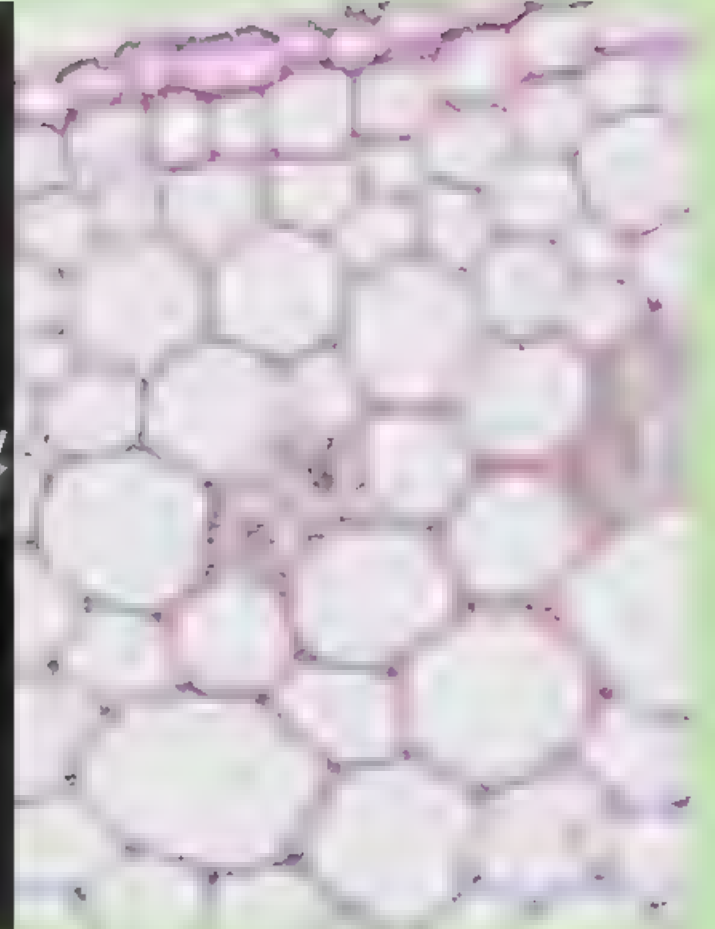


"cebolla"

Drusas



"miriofilum" y "malvón"



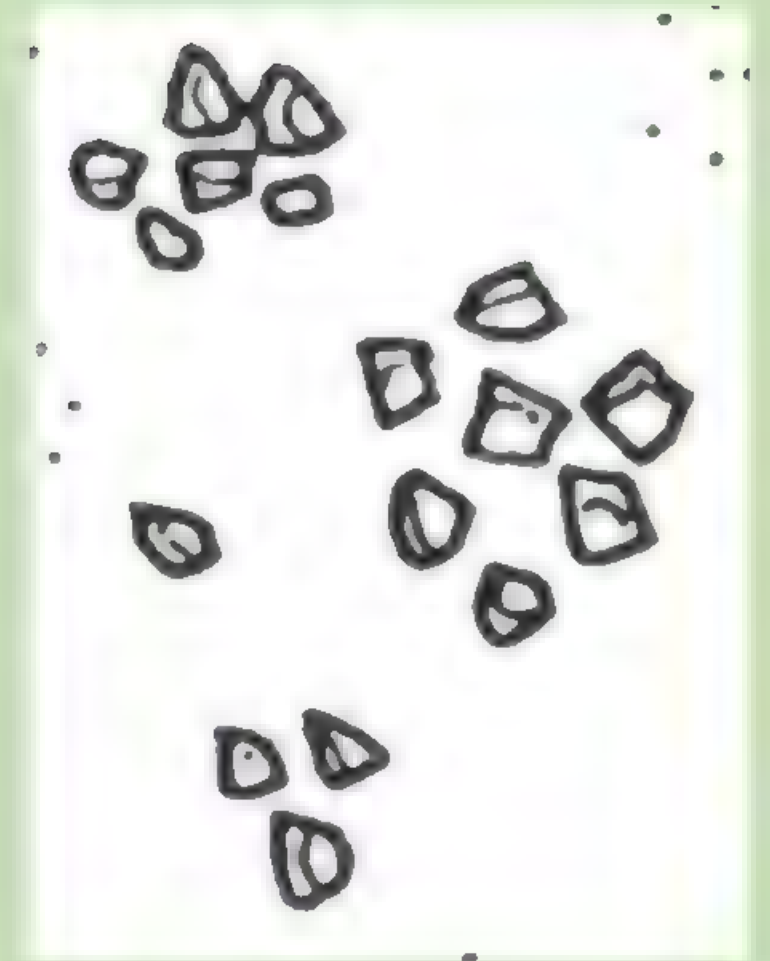
Rafidios



“aloe”



Microcristales



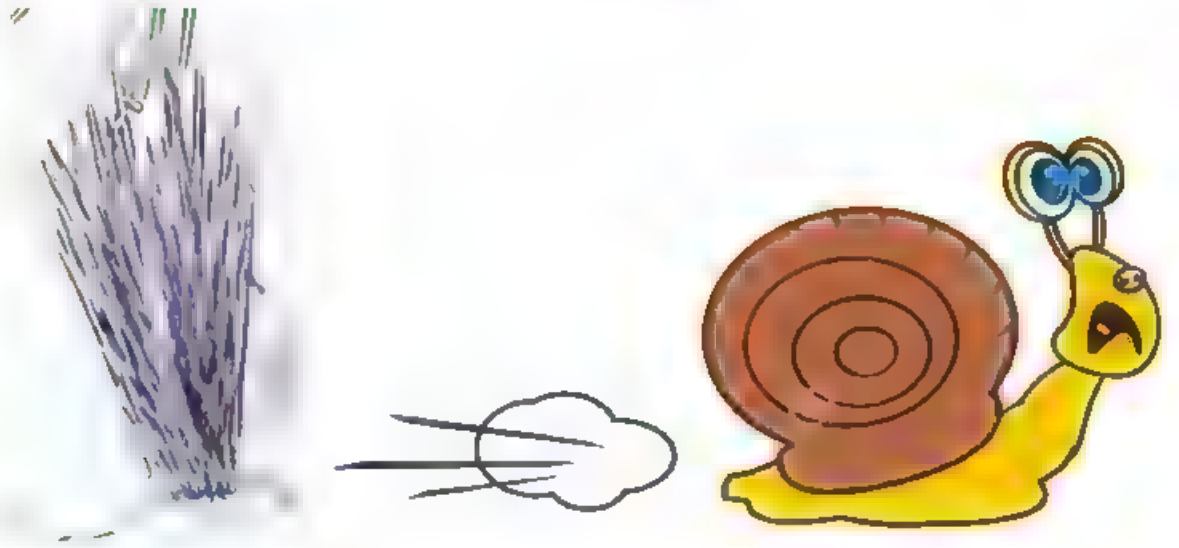
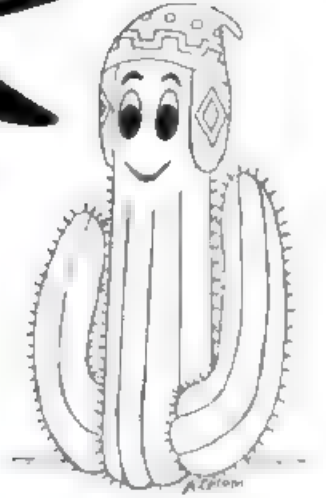
“floripondio”

# CURIOSIDADES BOTÁNICAS

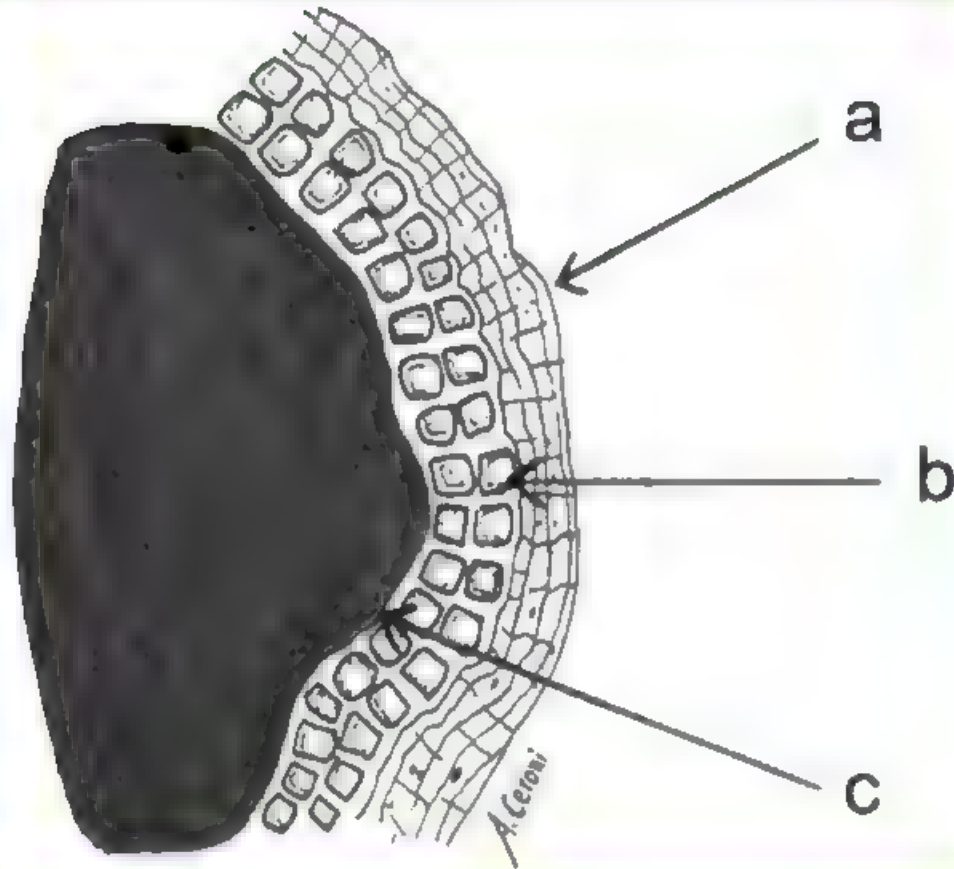
La presencia de cristales de oxalato de calcio pueden ser muy molestos para algunos animales



Es un mecanismo  
de defensa

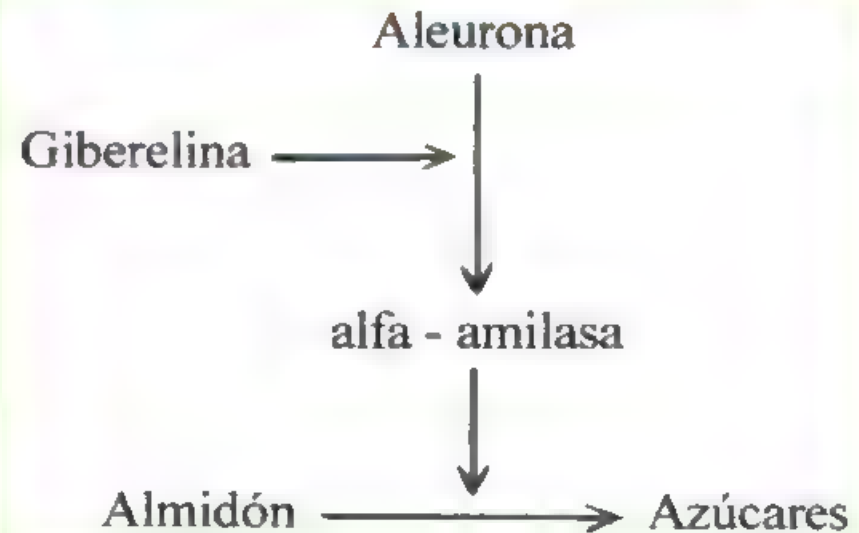
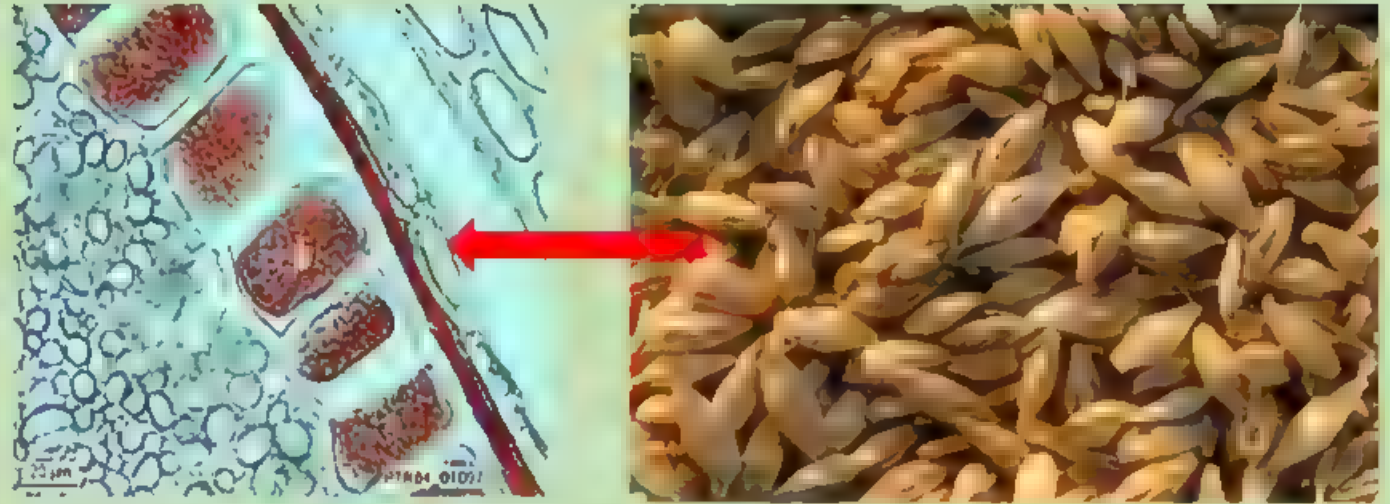


2. De reserva: Como los granos de aleurona.



a. Pericarpo; b. Capas de células con granos de aleurona y c. Endosperma.

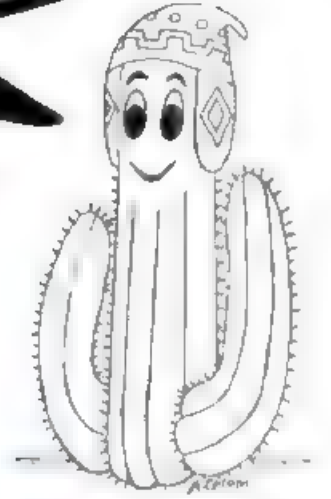
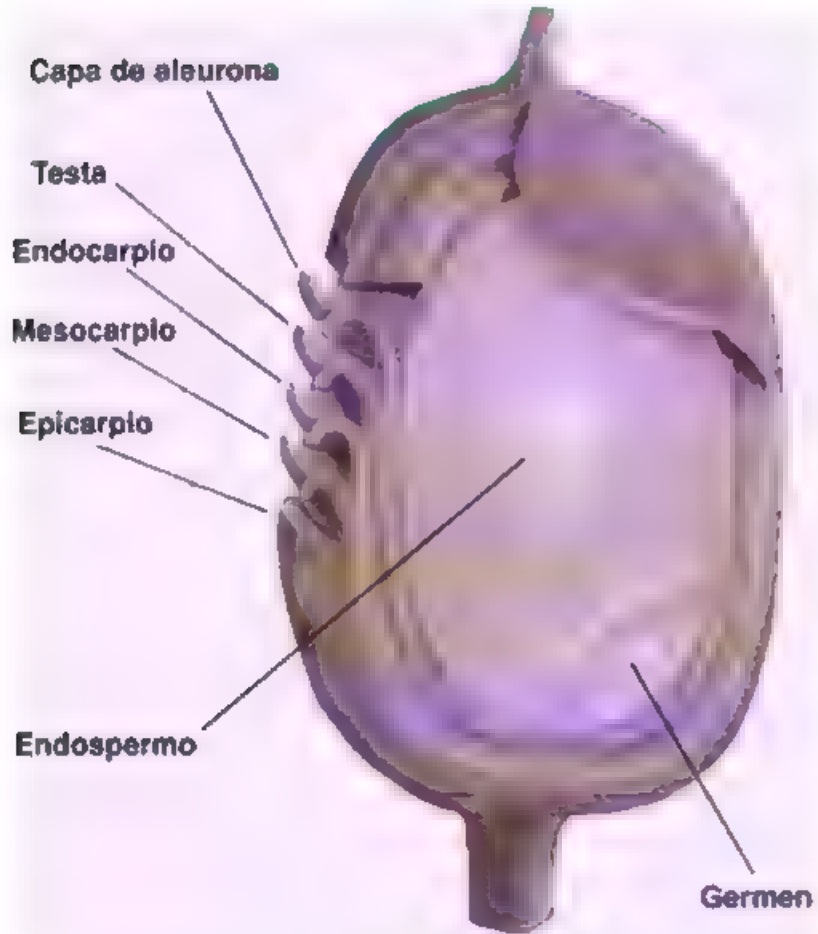
Fruto de "cebada"





# CURIOSIDADES BOTÁNICAS

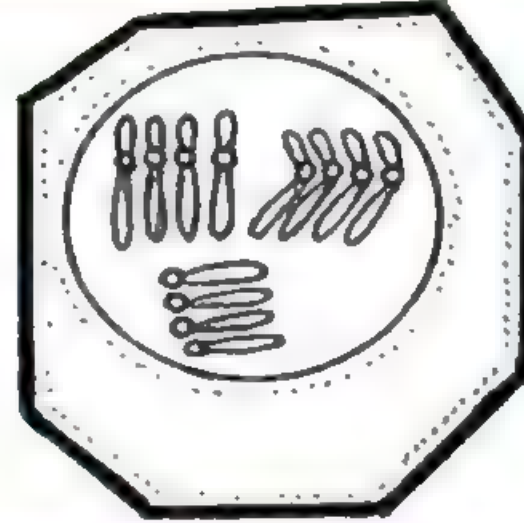
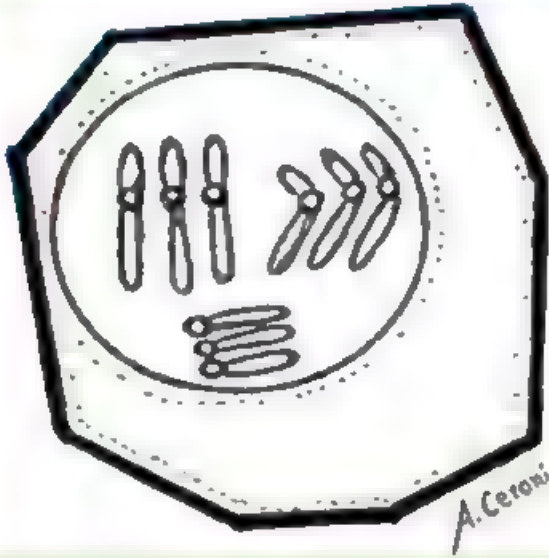
¿Por qué el “trigo”, la “cebada”, el “maíz” o el “arroz”  
integral tienen mayor valor nutritivo?



Porque además de la fibra contiene proteínas por las capas de aleurona

# POLIPLOIDÍA

Fenómeno por el cual un organismo llega a tener células con **más de 2 series completas de cromosomas**, es decir, células poliploides.



Células  
triploide y  
tetraploide

Son triploides especies comestibles de “plátano”, “limón”, “taro”, “caña de azúcar”, “camote”, “papa”, “piña”, “maní”, “trigo”, “pera”, “vid”, “zarzamora”, además de “tabaco” y “gramíneas pratenses”.

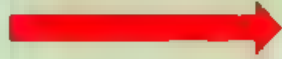
Son tetraploides cultivares tropicales como “café arábico”, “algodón”, “papa” y “piña”.

# ORIGEN DE LOS POLIPLOIDES

## 1. Duplicación del número original de cromosomas o **autopoliploidía**



Var. 'Moscatel'  
( $2n = 38$ )



Var. 'Moscatel Gigante'  
( $4n = 76$ )

Como en las  
variedades de  
***Vitis vinifera***  
"uva"

## 2. Duplicación de los genomas de 2 especies parentales después del cruce o **alopoliploidía**

Como en el origen del “tabaco”  
cultivado ***Nicotiana tabacum***  
( $4n = 48$ ) obtenido a partir de:

***N. sylvestris*** X ***N. tomentosa***  
( $2n = 24$ )                      ( $2n = 24$ )

Es el caso de cultivos como el “trigo”,  
“centeno”, “algodón”, etc. en los que se ha  
podido comprobar su origen.

Probablemente, el “café arábico” sea  
también un aloploidio.





### 3. Duplicación del genomio de las células germinales en una de las especies parentales

Como el caso de las llamadas “cañas indias”. El ***Saccharum*** “coimbatore” ( $3n = 112$ ), originado a partir de: ***S. spontaneum*** X ***S. officinarum***, con ( $n = 32$ ) y ( $2n = 80$ ), respectivamente.



En este caso un parental contribuye con su número haploide y el otro con su número diploide.

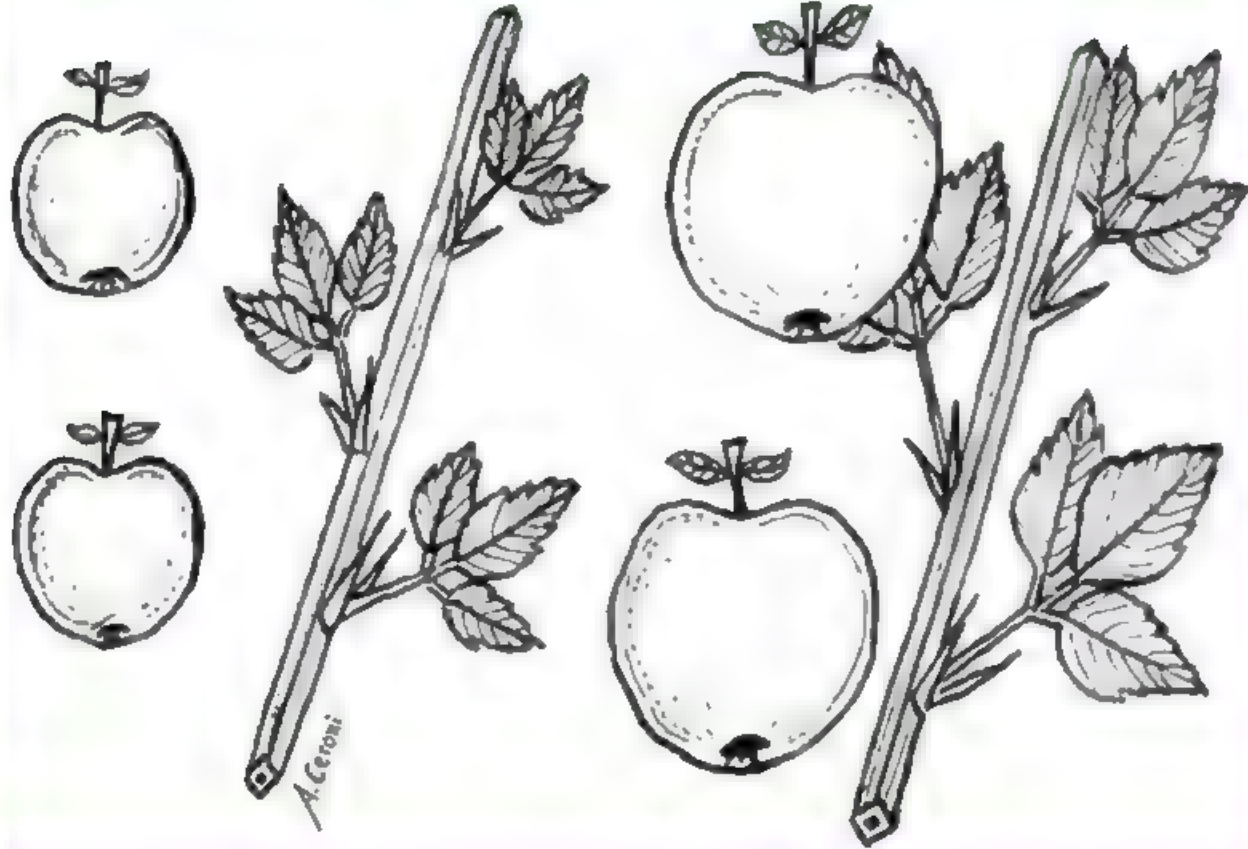
#### 4. Cruce de 2 especies poliploides

Como el origen de la “fresa” cultivada, ***Fragaria grandiflora*** ( $8n = 56$ ), resultado de cultivar juntas 2 especies poliploides en los jardines ingleses a mediados del siglo XIX: ***F. virginiana* X *F. chiloensis***, cada una con ( $8n = 56$ ).



# VENTAJAS DE LA POLIPLOIDÍA

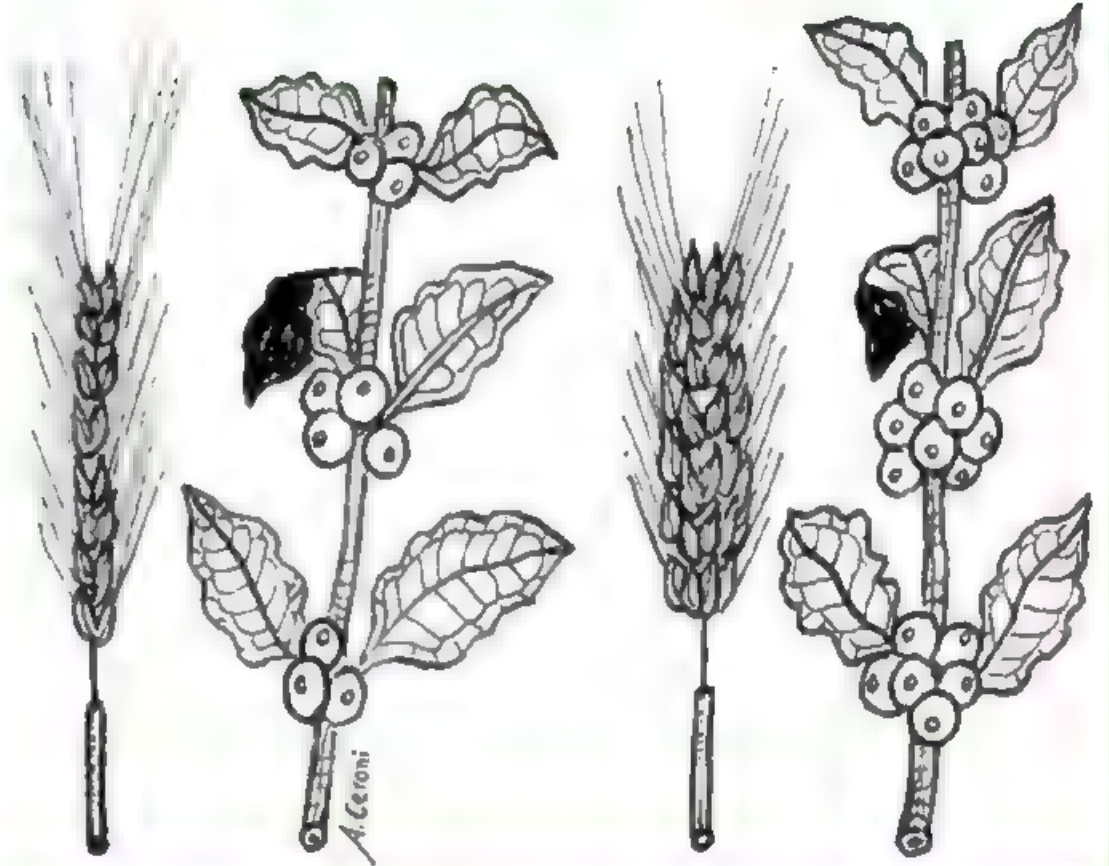
## 1. Aumento del tamaño



Manzanas y alfalfa  
diploides

Manzanas y alfalfa  
poliploides

## 2. Aumento del número de frutos



Trigo y café  
diploides

Trigo y café  
poliploides



### 3. Cambios en la fenología



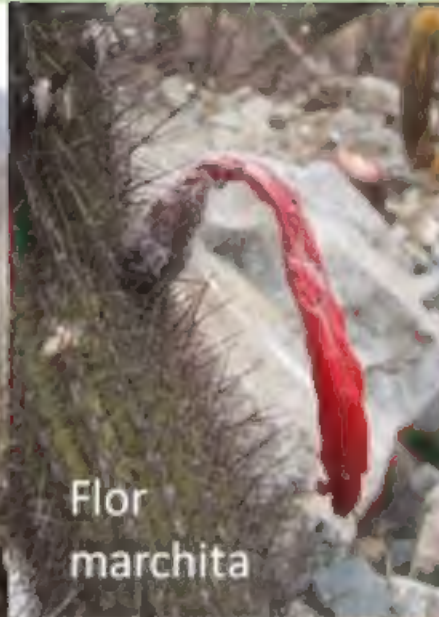
Botón floral



Botón abortado



Floración total



Flor marchita



Fruto apareciendo



Fruto verde

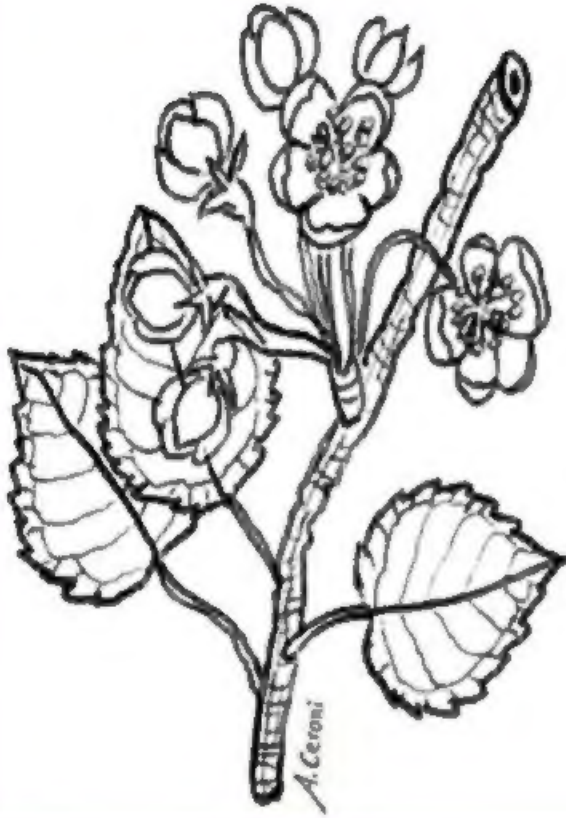


Fruto dehiscente y fruto maduro

Estadios  
fenológicos para  
las fenofases de  
floración y  
fructificación de  
***Cleistocactus  
acanthurus***  
subsp. *faustianus*



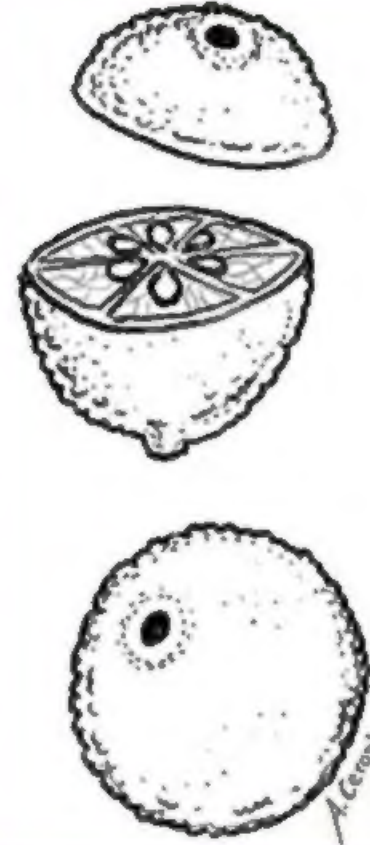
#### 4. Frutos partenocárpicos



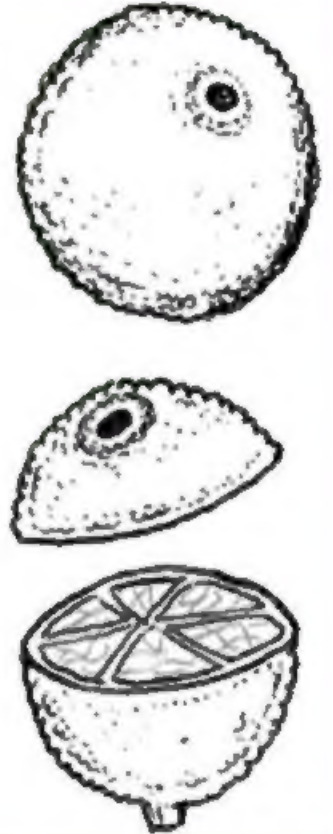
Manzanos diploides  
floreando en agosto



Manzanos poliploides  
floreando en abril

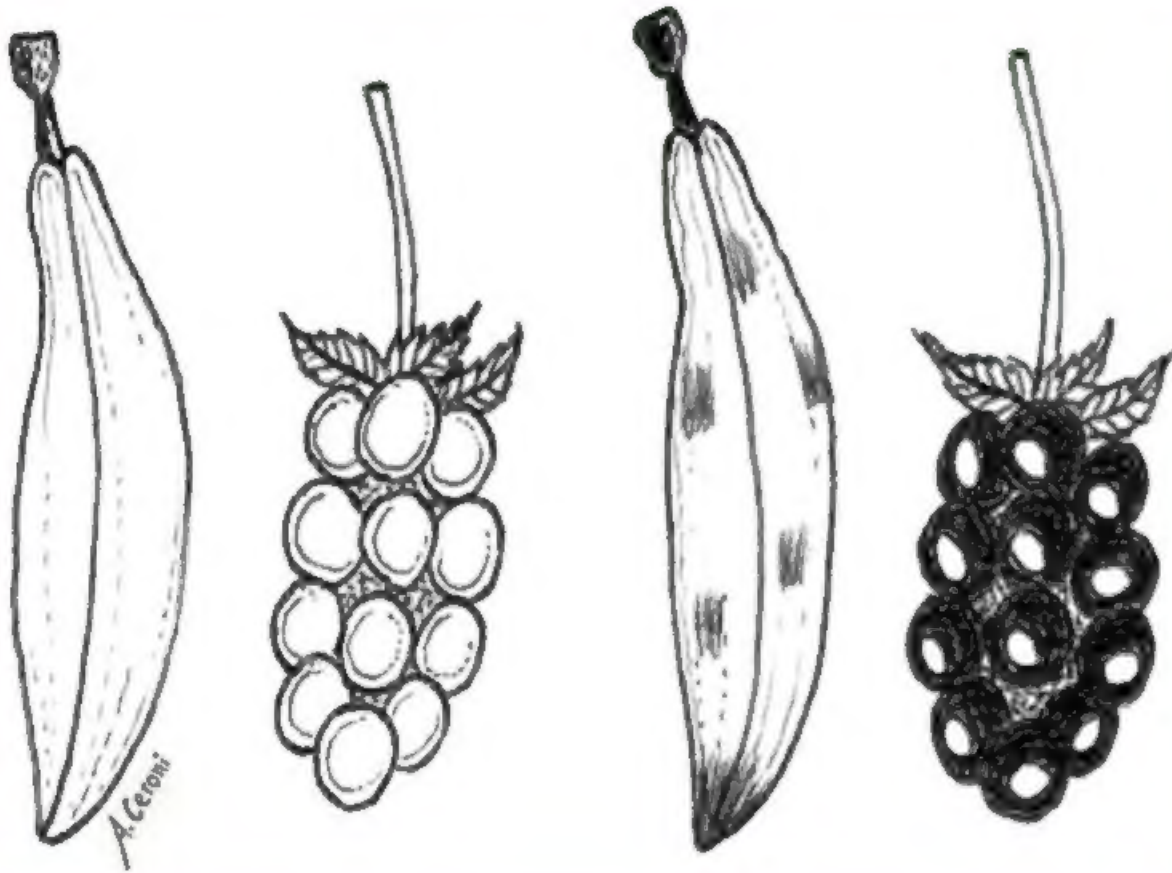


Naranjas diploides  
con semillas



Naranjas poliploides  
sin semillas

## 5. Amplifica los caracteres



Frutos diploides  
poco coloridos y  
poco aromáticos

Frutos poliploides  
más coloridos y más  
aromáticos

## 6. Especiación simpátrica

*N. sylvestris* X *N. tomentosa*  
( $2n = 24$ ) ( $2n = 24$ )



*Nicotiana tabacum* “tabaco”

( $4n = 48$ )

Aldo Ceroni Stuva  
Biólogo. Magister en Botánica Tropical  
Ph.D. en Agricultura Sustentable  
Profesor Principal  
Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)  
Facultad de Ciencias  
Departamento Académico de Biología  
Herbario MOL - Augusto Weberbauer  
Jardín Botánico "Octavio Velarde Núñez" UNALM  
Correo: [aceroni@lamolina.edu.pe](mailto:aceroni@lamolina.edu.pe)

